

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
EVALUACIÓN DE DOS MADURANTES EN LA CANA DE AZÚCAR (*Saccharum spp*)
DE LA VARIEDAD CP 722088 EN SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ

VICTOR HUGO ALDANA CASTRO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, noviembre 2006

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central



DL
01
T(2347)

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

RECTOR

LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO

Dr. Ariel Abderraman Ortiz López

VOCAL PRIMERO

Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel

VOCAL SEGUNDO

Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

VOCAL TERCERO

Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardón Ávila

VOCAL CUARTO

Br. Duglas Antonio Castillo Álvarez

VOCAL QUINTO

Pr. Agr. José Mauricio Franco Rosales

SECRETARIO

Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

Guatemala, noviembre de 2006.



Guatemala, noviembre 2006.

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 EVALUACIÓN DE DOS MADURANTES EN AL CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.), EN LA VARIEDAD CP 722086, EN SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ , como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

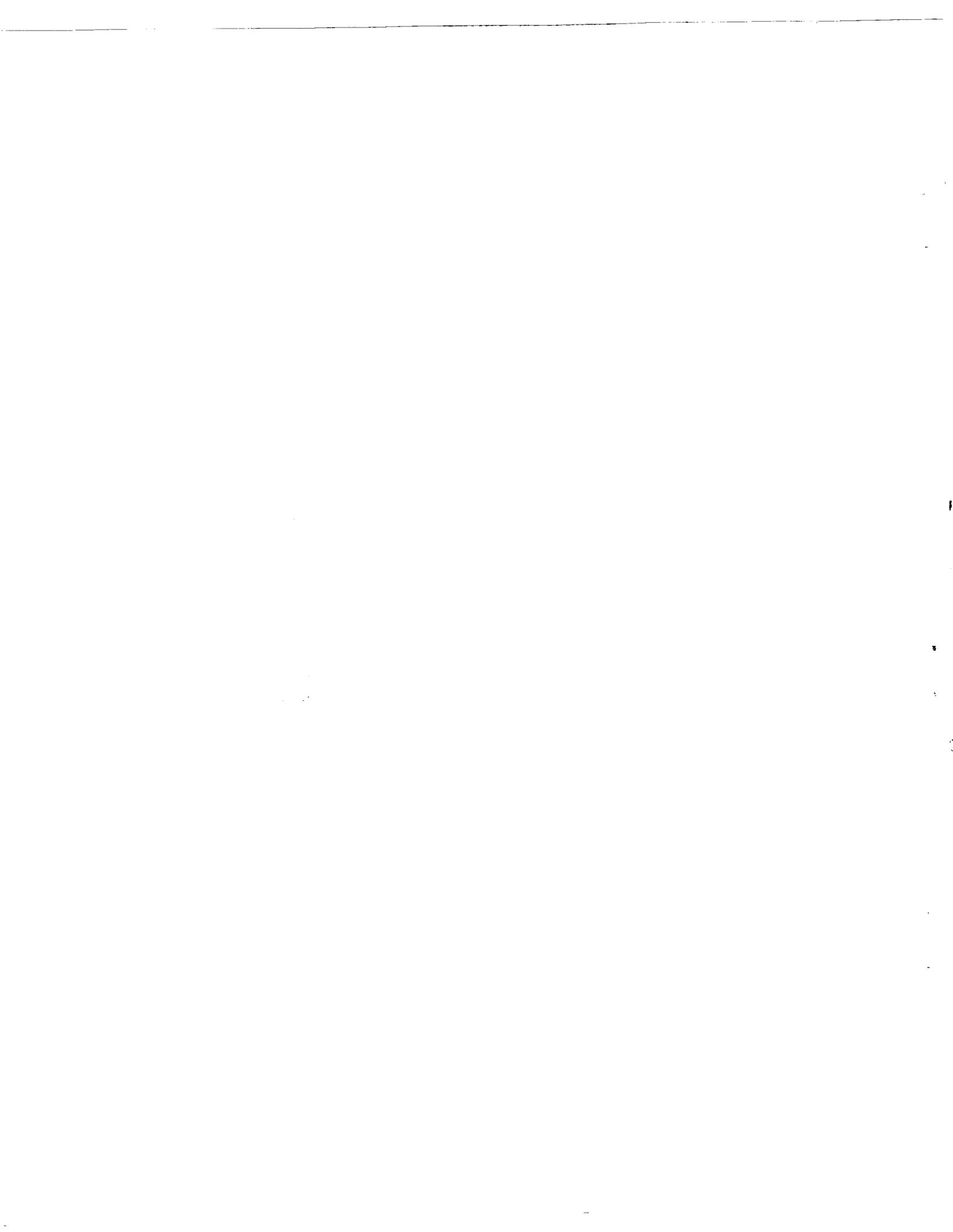
Esperando que el presente llene los requisitos necesarios para su aprobación, me suscribo,

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



VICTOR HUGO ALDANA CASTRO



Dedicatoria

A:

- Dios** **Padre Bendito de Misericordia y Amor** que me ha provisto de vida y sabiduría para alcanzar esta meta.
- Mis Padres** **Víctor Hugo Aldana Morales y María Adela Floridalma Castro Portillo de Aldana**, por su gran amor y apoyo incondicional en la formación de mi vida espiritual y académica.
- Mis Hermanos** **Ana Mirely Aldana Castro, Emma Karina Aldana Castro, Jessica Ileana Aldana Castro.**
- Mi Sobrino** **Jonathan Joaquín Salguero Aldana.** Porque este triunfo sea un ejemplo para su futuro.
- Mis Abuelos** **Ana María Portillo Vda. De Castro, María Enma Morales Vda. de Aldana.**
- In memorian** **Joaquín Castro Guevara (Q.E.P.D) y Trinidad Aldana Rossel (Q.E.P.D.).**
- Mis Amigos** **Ing. Agr. Edwin Rojas, Ing. Agr. Felipe Valle, Carmen Escobar, Otto Castro Castro.**



ÍNDICE GENERAL

i

CONTENIDO	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	vi
RESUMEN GENERAL	ix
CAPÍTULO I "INFORME DE DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE MECANIZACIÓN AGRÍCOLA DE INGENIO PALO GORDO S.A."	1
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 General	3
1.2.2 Especifico	4
1.3 MARCO TEÓRICO	4
1.3.1 Marco conceptual	4
1.3.1.1 Historia	4
1.3.1.2 Organización de Ingenio Palo Gordo, S.A.	4
1.3.2 Marco referencial	6
1.3.2.1 Descripción del área de estudio	6
1.3.2.2 Situación actual de los recursos	6
1.4 METODOLOGÍA	8
1.4.1 Métodos	8
1.4.1.1 Reconocimiento del área	8
1.4.1.2 Terminología FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas)	9
1.4.2 Elaboración de investigación y de servicios	10
1.5 RESULTADOS	10
1.5.1 Resumen de disponibilidad de tractores para realizar la labor de preparación de suelos	10
1.5.2 Requerimientos de la maquinaria agrícola y sus eficiencias por labor	11
1.5.3 Análisis de la información FODA	11
1.5.3.1 Fortalezas	12
1.5.3.2 Oportunidades	12
1.5.3.3 Debilidades	12
1.5.3.4 Amenazas	13
1.5.4 Jerarquización de los problemas y posibles solución	14
1.6 CONCLUSIONES	15
1.7 RECOMENDACIONES	17
1.8 BIBLIOGRAFÍA	18
CAPÍTULO II "EVALUACIÓN DE DOS MADURANTES EN LA CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum officinarum</i> L.), EN LA VARIEDAD CP 722086, EN SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ."	19
RESUMEN	20
2.1 INTRODUCCIÓN	22



2.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	25
2.3	JUSTIFICACIÓN	27
2.4	MARCO TEÓRICO	28
2.4.1	MARCO CONCEPTUAL	28
2.4.1.1	Maduración de la caña de azúcar	28
2.4.1.2	Fisiología de la maduración en la caña de azúcar	28
A.	Potencial de las variedades para acumular azúcar	29
B.	Mecanismos de acumulación de sacarosa en la planta	30
C.	Maduración en función de humedad, temperatura, luminosidad, edad e influencia de los nutrientes (cantidad y accesibilidad de nitrógeno y potasio)	30
D.	Control de la maduración	32
2.4.1.3	Procesos anatómicos y morfológicos de la maduración	32
2.4.1.4	Maduración química de la caña de azúcar	34
A	Historia los madurantes	34
B.	Efectos de los beneficios del madurante	35
C.	Efectos visibles del madurante	36
D.	Efecto de la época de aplicación de madurantes	36
E.	Efecto del madurante en el crecimiento de la cañada de azúcar	36
F.	Efecto del madurante en la producción	37
G.	Efecto del madurante sobre altura de corte	38
2.4.1.5	Efecto de las hormonas vegetales sobre el crecimiento	39
A.	Efecto de las auxinas	40
B.	Efectos del etileno	41
C.	Efectos del ácido abscísico	42
D.	Efectos de la giberelinas	42
E.	Efectos de las citocininas	44
2.4.1.6	Elementos nutricionales de importancia en la maduración	54
A.	Potasio soluble	54
B.	Boro	55
C.	Nitrógeno	55
D.	Cloro	56
2.4.1.7	Metodologías para los cálculos de los muestreo de los madurantes aplicados son los siguientes	56
A.	Metodología de campo	56
B.	Metodología de laboratorio y definiciones	56
2.4.2	MARCO REFENCIAL	58
2.4.2.1	Descripción del área de estudio	58
A.	Localización	58
B.	Clima	58
C.	Zona de vida	58
D.	Fisiográfica y relieve	59
E.	Suelos	60
F.	Geología	60
2.4.2.2	Madurantes químicos	60
A.	Sal Isopropilamina de glifosato	60
B.	Bio-estimulador	62



2.4.2.3	Características de la variedad CP72-2086	67
	A. Características morfológicas	67
	B. Características agronómicas	68
2.5	OBJETIVOS	70
	2.5.1 General	70
	2.5.2 Específicos	70
2.6	HIPÓTESIS	71
2.7	MATERIALES Y MÉTODOS	72
	2.7.1 Material experimental	72
	2.7.1.1 Material vegetal	72
	2.7.1.2 Productos evaluados	72
	2.7.2 Diseño experimental	72
	2.7.2.1 Modelo estadístico	72
	2.7.3 Descripción de los tratamientos	73
	2.7.3.1 Características de la unidad experimental	73
	A. Parcela bruta	73
	B. Parcela neta	74
	2.7.4 Variables evaluadas	74
	2.7.4.1 Variables de calidad de jugo	74
	A. Grados Brix	74
	B. Pol del jugo	74
	C. Porcentaje de Pureza del jugo	74
	2.7.4.2 Variable de rendimiento	74
	A. Kilogramos de azúcar por tonelada métrica de caña producida	74
	B. Toneladas métricas de caña por hectárea	74
	2.7.5 Análisis de la información	74
	2.7.5.1 Análisis estadístico	74
	2.7.5.2 Análisis económico	75
	2.7.6 Manejo del experimento	75
	2.7.6.1 Frecuencia de muestreo	75
	2.7.6.2 Metodología	76
	A. Fase campo	76
	B. Fase de laboratorio	77
2.8	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	78
	2.8.1 Calidad de los jugos	78
	2.8.1.1 Grados Brix	78
	2.8.1.2 Porcentaje de Pureza	79
	2.8.1.3 Porcentaje de Pol	80
	2.8.2 Rendimiento	82
	2.8.2.1 Rendimiento en precosecha de Kilogramos de azúcar por tonelada métrica de caña	82
	2.8.2.2 Rendimiento en cosecha de Kilogramos de azúcar por tonelada métrica de caña	84
	2.8.3 Análisis económico	84
2.9	CONCLUSIONES	86
2.10	RECOMENDACIONES	87
2.11	BIBLIOGRAFÍA	88



2.12 ANEXOS	90
CAPÍTULO III “ SERVICIOS PLANIFICADOS”	102
3.1 INTRODUCCIÓN	103
3.2 MARCO REFERENCIAL	105
3.2.1 Ubicación	105
3.2.2 Colindancias	105
3.2.3 Situación actual de los recursos	105
3.3 OBJETIVO GENERAL	107
3.4 SERVICIOS PLANIFICADOS	108
3.4.1 Realización de capacitación del muestreo, aplicación de inhibidores y creación de una base de datos de la floración en caña de azúcar en fincas bajo administración de ingenio Palo Gordo S.A.	108
3.4.1.1 Definición del problema	108
3.4.1.2 Objetivos específicos	109
3.4.1.3 Metas	109
3.4.1.4 Materiales y métodos	110
3.4.1.5 Evaluación de resultados	112
3.4.1.6 Conclusiones	117
3.4.1.7 Bibliografía	118
3.4.2 Asistencia técnica al muestreo precosecha	119
3.4.2.1 Definición de problema	119
3.4.2.2 Objetivos específicos	119
3.4.2.3 Metas	120
3.4.2.4 Materiales y métodos	120
3.4.2.5 Evaluación de resultados	128
3.4.2.6 Conclusiones	131
3.4.2.7 Bibliografía	131
3.4.3 Calibración de fertilizadoras	131
3.4.3.1 Definición del problema	131
3.4.3.2 Objetivos específicos	132
3.4.3.3 Metas	133
3.4.3.4 Materiales y métodos	133
3.4.3.5 Evaluación de resultados	137
3.4.3.6 Conclusión	142
3.4.3.7 Recomendación	142
3.4.3.8 Bibliografía	142



ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1.1 Estructura organizacional del ingenio.	5
2.1 Croquis de campo del ensayo de madurantes, aplicados en la variedad CP72-2086 durante la zafra 2004-2005. (Sacar es esquema de la tesis utilizada).	94
2.2 Rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña en precosecha.	95
2.3 Contenido del porcentaje de la variable % Pol en los tratamientos evaluados en la variedad CP72-2086.	95
2.4 Distribución del porcentaje de la variable Pureza manifestado en el ensayo de madurantes.	96
2.5 Rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña envasados en los tratamientos evaluados, en la variedad CP72-2086.	96
3.1 Esquema de muestreo cuando se presenta un pante de 5 manzanas.	111
3.2 Esquema de muestreo cuando se presenta un pante mayor de 5 manzanas.	112
3.3 Gráfica del promedio de % flor por variedad.	113
3.4 Gráfica del promedio de % flor por producto utilizado.	114
3.5 Tabla dinámica en un archivo electrónico de los resultados obtenidos del % de flor detallados en forma general.	115
3.6 Tabla dinámica de la secuencia de despliegue de la información de los campos, comandos, categorías y celdas de resultados.	116



ÍNDICE DE CUADROS

vi

	Página	
1.1	Número de tractores requeridos por mes por cada labor.	10
1.2	Requerimientos de la maquinaria agrícola y sus eficiencias por labor por mes.	11
1.3	Detección de problemas en el departamento de mecanización y su jerarquización.	14
2.1	Dosis del Bio-estimulador, dependiendo del fenología de la variedad.	66
2.2	Descripción de los tratamientos.	73
2.3	Asignación de categorías a los tratamientos en la prueba de Tukey en el segundo muestreo de la variable Grados Brix.	79
2.4	Asignación de categorías a los tratamientos en la prueba de Tukey, para la variable Pureza (muestreo 1).	80
2.5	Asignación de categorías a los tratamientos en la prueba de Tukey (muestreo 1), para la variable Pol.	81
2.6	Asignación de categorías a los tratamientos en la prueba de Tukey, para el segundo muestreo de la variable Pol.	81
2.7	Asignación de categorías a los tratamientos en la prueba de Tukey para la variable Rendimiento del primer muestreo.	82
2.8	Asignación de categorías a los tratamientos en la prueba de Tukey (muestreo 2), para la variable rendimiento Kg. de azúcar /TM de caña.	83
2.9	Asignación de categorías a los tratamientos en la prueba de Tukey, para la variable rendimiento en libras de azúcar por tonelada métrica de caña tomada en el tercer muestreo.	84
2.10	Datos de resumen del rendimiento de toneladas de caña, kilogramos de azúcar por tonelada , toneladas de caña por hectárea y kilogramos de azúcar por hectárea	84
2.11	Presupuesto parcial de los tratamientos en el ensayo.	85
2.12	Análisis de dominancia de los tratamientos evaluados.	85

2.13	Calculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR) de los tratamientos evaluados.	86
2.14 A	Análisis de varianza para la variable Grados Brix del primer muestreo manifestado por dos madurantes de la caña de azúcar, glifosato y bio-estimulador. En distribución de bloques completamente al azar.	97
2.15 A	Análisis de varianza para la variable Brix (muestreo 2) manifestada por dos madurantes de la caña de azúcar, glifosato y bio-estimulador. Distribución de bloques completamente al azar.	97
2.16 A	Análisis de varianza del primer muestreo dos semanas después de la aplicación para la variable Pureza, presentada por madurantes de la caña de azúcar. Distribución de bloques completamente al azar.	97
2.17 A	Distribución de las medias de la variable Pureza de los tratamientos para prueba de medias de Tukey del primer muestreo.	98
2.18 A	Análisis de varianza para la variable Pureza (muestreo 2) manifestada por dos madurantes de la caña de azúcar.	98
2.19 A	Análisis de varianza para la variable Pol del primer muestreo manifestada por dos madurantes de la caña de azúcar, glifosato y bio-estimulador. Distribución de bloques completamente al azar.	98
2.20 A	Distribución de las medias de la variable Pol de los tratamientos para prueba de medias de Tukey en el primer muestreo.	99
2.21 A	Análisis de varianza para la variable Pol (muestreo 2) manifestada por dos madurantes de la caña de azúcar, Distribución de bloques completamente al azar.	99
2.22 A	Distribución de las medias de la variable Pol de los madurantes aplicados, para prueba de medias de Tukey en el segundo muestreo.	99
2.23 A	Análisis de varianza para la variable Rendimiento (Kg. /TM) del primer muestreo, manifestada por dos madurantes. Distribución de bloques completamente al azar.	100

		viii
2.24 A	Distribución de las medias del primer muestreo de la variable Rendimiento (Kg. / TM) de los tratamientos para prueba de medias de Tukey.	100
2.25 A	Análisis de varianza para la variable Rendimiento en Kg. / TM (muestreo 2) manifestada por dos madurantes de la caña de azúcar, Sal de glifosato y bio-estimulador. Distribución de bloques completamente al azar.	100
2.26 A	Distribución de las medias de la variable Rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña de los madurantes aplicados, para prueba de medias de Tukey en el segundo muestreo.	101
2.27 A	Análisis de varianza para la variable Rendimiento en kg. / TM (muestreo 3) manifestada por dos madurantes de la caña de azúcar, glifosato y bio-estimulador. Distribución de bloques completamente al azar.	101
2.28 A	Distribución de las medias de la variable Rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña de los tratamientos, para prueba de medias de Tukey (muestreo 3).	102
3.1	Resumen de promedios de porcentajes de flor por variedad.	112
3.2	Tabla de promedio de porcentaje de flor por producto.	114
3.3	Referencia del reporte diario de pre-cosecha.	125
3.4	Fechas y grados brix de los muestreos pre-cosecha tomados por finca.	130
3.5	Tabla dosis a descargar por bajante de la ferticultivadora.	139
3.6	Tabla de requerimiento de nitrógeno puro y fertilizante por tipo de cañaveral programado	139
3.7	Tabla de sugerencia semanal de calibración y control de descarga de la ferticultivadora.	140
3.8	Resultados de verificación de calibraciones utilizadas en el campo.	141

RESUMEN GENERAL

El Ejercicio Profesional Supervisado fue realizado en el Departamento de Mecanización Agrícola de Ingenio Palo Gordo S.A., en el cual se estableció mediante un análisis FODA, la jerarquización de la problemática que presentaba, siendo una de ellas la falta de personal técnico capacitado en supervisión y operación, así como también la necesidad de contratar más personal para poder cubrir el área disponible de labores agrícolas de dicho departamento, sin embargo para mejorar el aprovechamiento y funcionamiento, se recomendó la creación de una plaza de técnico, el cual estaría a cargo de supervisar las labores convencionales de roturación del suelo (subsulado, volteo, pulido, surqueado y aporcado). Así mismo, brindar capacitaciones a los operarios de la maquinaria agrícola para el funcionamiento adecuado del equipo e implementos.

De la misma manera como parte del EPS se realizó una investigación sobre el efecto de "los madurantes glifosato y el bio-estimulador (cloruro de mepiquat), en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en la variedad CP 722086" realizada en la finca Los Patos, Santo Domingo Suchitepéquez. Las variables respuestas a evaluar fueron: calidad de jugos (grados brix, porcentaje de pol y porcentaje de pureza), rendimiento en toneladas de caña por hectárea y kilogramos de azúcar por tonelada de caña. Las variables fueron analizadas con un diseño de bloques al azar con sub-muestreo. Para la variable calidad de los jugos, presentó diferencia significativa solo para el porcentaje de pureza y pol. El porcentaje de pol manifestó un diferencia de 0.98 % y 0.14% arriba para el madurante bio-estimulador, comparándolo con el testigo y glifosato respectivamente. Por otro lado lo que respecta la variable rendimiento al momento de la cosecha, el testigo proporcionó el menor rendimiento en Kg. de azúcar por tonelada de caña que fue de 9.92 % menos que el bio-estimulador que fue de 154.55 kg./Ton, así mismo el glifosato dio una diferencia significativa en relación al testigo del 7.5 % más que corresponde al 10.90 kg./Ton. Por lo tanto se estaría dejando de percibir en promedio de los dos madurantes si no se realizara esta práctica el 8.61 % (13.11 Kg./Ton).

En lo que se refiere a los Servicios planificados, en los cuales se prestó apoyo a la empresa durante la etapa del Ejercicio Profesional Supervisado fueron los que se describen a continuación: x

Realización de capacitación del muestreo, aplicación de inhibidores y creación de una base de datos de la floración en caña de azúcar en fincas bajo administración de ingenio.

Asistencia técnica y capacitación del personal al muestreo pre-cosecha.

Capacitación de campo para la calibración de fertilizadoras con llaves de paso y esploquet en fincas bajo administración del ingenio.

Dentro de los servicios planificados se logró muestrear más del 75 % (4385.85 Ha) del área total de las fincas bajo administración del ingenio, sobre la floración y la aplicación de inhibidores de flor, también se creó un registro electrónico dinámico sobre la distribución de la flor de la caña. Se supervisó y verifico durante el tiempo de servicio la aplicación de fertilizante en dos regiones. Además se realizó la elaboración de una tarjeta para uso del personal de campo, la cual contiene datos prácticos de importancia para el manejo de la fertilización mecánica. Un logro relevante fue la capacitación de 41 personas para las diferentes labores dentro de los departamentos de la coordinación de agronomía.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

CAPÍTULO I

**INFORME DE DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE MECANIZACIÓN AGRÍCOLA
DE INGENIO PALO GORDO S.A.**

1.1 INTRODUCCIÓN

2

El cultivo de la caña de azúcar ha tomado en los últimos tiempos un gran auge debido a que es una de las agro-industrias de mayor expansión. Los ingenios en Guatemala persiguen obtener una mayor producción de caña y rendimiento de cantidad de azúcar por área y por tonelada, el cual lo consiguen con un buen manejo de los recursos y tecnología acorde.

El manejo de los recursos y la tecnología acorde son de gran importancia para el establecimiento de una plantación como lo es, la mecanización del recurso suelo entre otros y la maquinaria agrícola con que se realice, con el fin de brindarle una buena condición de crecimiento al cultivo. El ingenio Palo Gordo cuenta con un departamento que es el encargado de realizar esta actividad y para saber como se encuentra funcionando el departamento de mecanización agrícola se realizo un diagnóstico.

El diagnóstico que es la etapa en la cual se logra tener una visión amplia y general del área en estudio y así mismo es una herramienta con la cual se identifican y priorizan los principales problemas que están vinculados con los procesos productivos y manejo de los recursos naturales en el área de trabajo.

El presente documento trata sobre el funcionamiento actual del departamento de mecanización agrícola, del equipo e implementos con que cuenta para la realización de sus labores convencionales asociadas al cultivo de caña de azúcar, como lo son; sub-solado, volteo, pulido, surqueado y aporcado.

También se presentan las eficiencias estimada por labor, cronograma por mes de las labores y el requerimiento de maquinaria por temporada.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Establecer la situación actual del departamento de Mecanización Agrícola de Ingenio Palo Gordo, S.A.

1.2.2 Objetivos Específicos

- A. Definir los problemas que se encuentran en el área del departamento de mecanización agrícola.
- B. Obtener una propuesta para el mejoramiento del departamento de mecanización.
- C. Conocer el organigrama del departamento.
- D. Conocer las eficiencias de la maquinaria agrícola por labor/tractor.
- E. Saber si se calibra el equipo antes de su utilización.
- G. Conocer el cronograma anual de labores del equipo agrícola utilizado en cada una de las actividades culturales según la secuencia de labores del cultivo por área y labor.

1.3 MARCO TEÓRICO

1.3.1 Marco Conceptual

1.3.1.1 Historia

Por el año de 1,962 fue fundada esta empresa, dando así el inicio a sus labores agroindustriales para el cultivo de caña de azúcar, y desde entonces se ha constituido con un área de fábrica y otra agrícola, que conforme se va extendiendo el área de cultivo, se fueron creando diferentes plazas, como lo son las coordinaciones de Campo, Cosecha, Proveedores, Servicios, Administración, Agronomía, Riegos y Mecanización.

En 2005 la empresa presentó un área cultivada de 5847.8 hectáreas, distribuidas en los tres estratos alto 701 Ha (mayor de 300 msnm), el medio 6938 Ha (entre 100-300 msnm) y el bajo 715 Ha (menor de 100 msnm). La producción promedio para la zafra 2002-2003 fue de 80.2 toneladas por hectárea y para 2003-2004 fue de 81.51 toneladas por hectárea, según registros reportados por el ingenio.

La coordinación de agronomía para poder administrar las fincas productivas las dividen en tres estratos que se denominan en la actualidad como: alto, medio y bajo, las cuales a su vez están aglomeradas en regiones I, II, III y IV. Actualmente esta funcionando en las instalaciones del Servicio de Transporte Sociedad Anónima (T.S.S.A), que se encarga de brindarles el servicio de transporte al ingenio.

1.3.1.2 Organización de Ingenio Palo Gordo, S.A.

El ingenio en su estructura organizacional inicia con la Junta Directiva que está integrada por los propietarios quienes son el alto mando y sus oficinas centrales están en la ciudad capital, luego se presenta un gerente General, después se divide en la Gerencia de Fábrica que es la encargada del proceso industrial y Gerencia Agrícola que produce la materia prima, la cual cuenta con siete coordinaciones. La coordinación de agronomía

cuenta con cuatro departamentos que son: Aplicaciones aéreas e investigación, Control de plagas y malezas, Variedades y semilleros, y fertilización, además de un departamento de pre-cosecha que es temporal (solo para la época de zafra), según el organigrama de la figura 1.1.

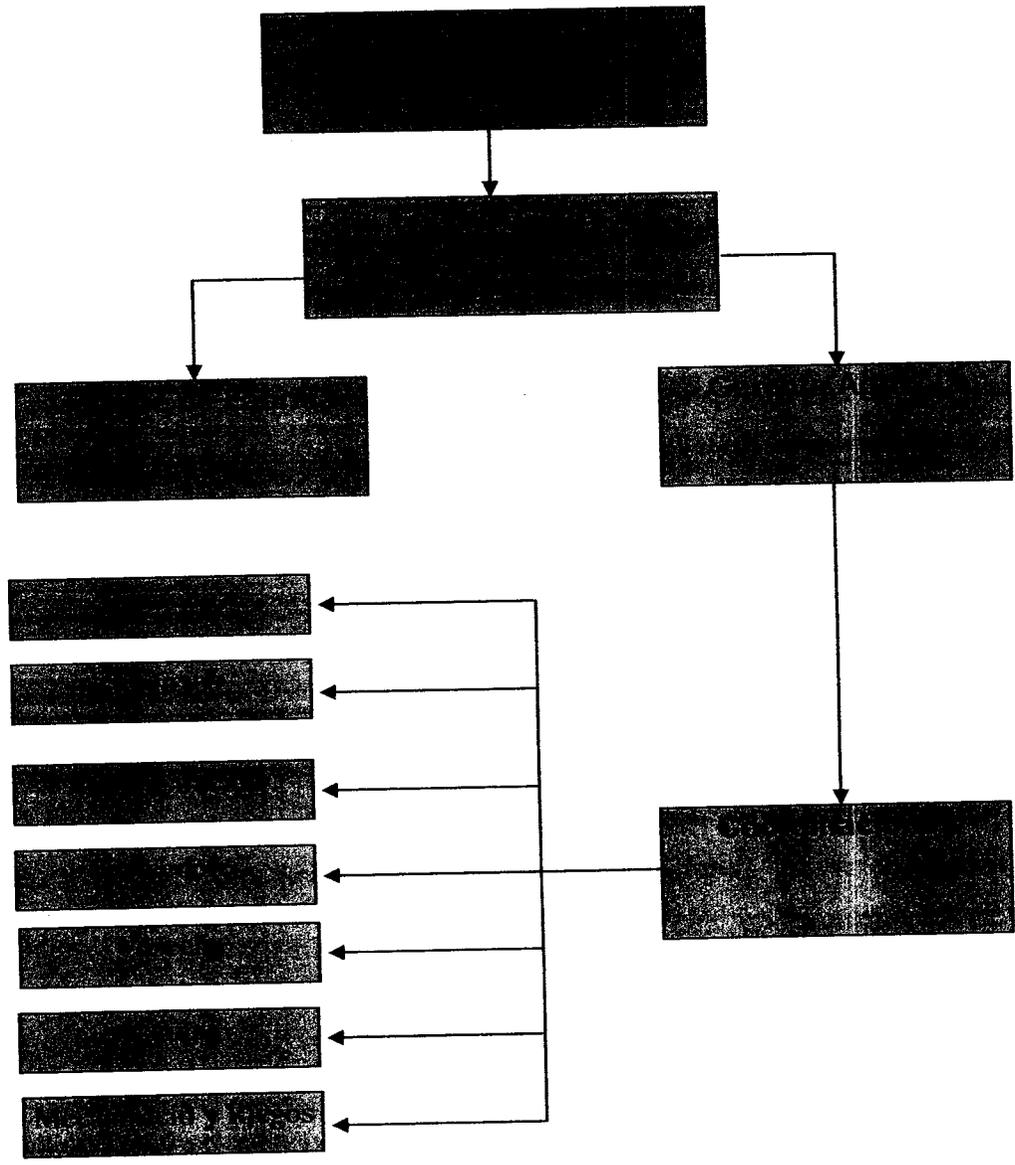


Figura 1.1. Estructura organizacional del ingenio Palo Gordo S.A.

1.3.2 Marco referencial

1.3.2.1 Descripción del área de estudio

A. Localización

El ingenio Palo Gordo se localiza en el municipio de San Antonio, del Departamento de Suchitepéquez, en el kilómetro 142.5 de la ciudad capital por la carretera centroamericana. Y al este a 11 kilómetros de la cabecera municipal de San Antonio Suchitepéquez.

B. Ubicación geográfica (Meridiano de Green Wich)

Las oficinas del ingenio se localizan en las coordenadas de:

- a. Latitud norte 14°29' 11"
- b. Longitud oeste 91 °23'52"

C. Colindancias de las oficinas de ingenio Palo Gordo S.A.

- a. Al norte con la finca Santa Clara
- b. Al sur con la finca Providencia, ingenio Palo Gordo S.A.
- c. Al este con la finca Las Palmas y con el puesto de cuarentena Las Palmas
- d. Al oeste con la finca Santa Isabel y Caserío Barrios (perteneciente al municipio de San Antonio).

1.3.2.2 Situación actual de recursos

A. Clima

El ingenio se encuentra ubicado dentro de un clima cálido sin estación fría bien definida, húmedo. La zona de vida a la que pertenece es bmh-S(c) lo cual quiere decir: bosque muy húmedo sub tropical cálido.

La precipitación pluvial según registros del ingenio Palo Gordo S.A., la finca Palo Gordo para el año 2004 presenta una precipitación media anual de 5,762 mm, esto equivale a 480.17 mm por mes, durante la época lluviosa que va del mes de mayo a noviembre.

B. Suelos

Los suelos de la finca Palo Gordo, según Simmons, Tarano y Pinto (5), pertenecen al grupo II del Declive del Pacífico, al Subgrupo "B" de la Serie Mazatenango "Mz", con un material de origen volcánico, con un relieve muy suavemente inclinado, con un drenaje interno bueno, con lo que respecta al suelo superficial se presenta una coloración café oscuro a café grisáceo oscuro de una textura superficial franco-limosa friable, con un espesor aproximado de 60 cms. En lo que respecta al sub-suelo presenta un color café de consistencia friable y de textura franco-limosa con un espesor aproximado de 70-80 cms. Para un pH levemente ácido (6.5) a neutro con un riesgo bajo a la erosión.

Algunas de las características de importancia que influencia su uso están; un declive de 2 a 5 %, el drenaje a través del suelo es regular, la capacidad de abastecimiento de humedad es alta, capa que limita la penetración de raíces no existe, peligro de erosión es ligero, fertilidad natural es alta y un problema especial de manejo del suelo es el mantenimiento de materia orgánica.

La deficiencia de agua va de diciembre a abril, sobre una altitud que va desde 150 a 240 msnm.

C. Fisiografía

El área esta comprendida dentro de la provincia fisiográfica que corresponde a la llanura costera del pacífico que va desde Mazatenango (Suchitepéquez) hasta el norte de Pueblo Nuevo Tiquisate (Escuintla), cruzando desde la frontera con México hacia el este del país, pasando por San Marcos, Quetzaltenango, Sololá, Retalhuleu y Suchitepéquez.

Presenta una edad geológica que pertenece al pleistoceno. Las rocas se componen principalmente de Andesita, Basalto, Arenas y Gravas, con una pendiente menor de 8%.

Pertenece al gran paisaje de restos de superficies planas originadas por sedimentos fluviales.

D. Capacidad de uso de la tierra

Pertenece al grupo de agricultura, del subgrupo agricultura perenne, apta para el cultivo de la caña de azúcar.

1.4 METODOLOGÍA DEL DIAGNÓSTICO

1.4.1 Métodos

1.4.1.1 Reconocimiento del área

Para poder realizar una adecuada obtención de la información la metodología se dividirá en dos fases para cumplir con los objetivos, como se describe a continuación:

A. Fase Introductoria

Se realizó varios caminamientos sobre el área de trabajo, donde se pudo observar la infraestructura, el transporte, los servicios, el personal, el equipo y tecnología, así como los recursos naturales que la institución posee.

B. Fase de entrevistas

Se hizo un reconocimiento por instalaciones y también se realizaron pláticas con el jefe, supervisor y operarios de la maquinaria y equipo del departamento de mecanización agrícola.

C. Revisión de literatura

Se realizaron revisiones de literatura de folletos, tesis, libros, diapositivas, discos compactos, que contuvieran información sobre el uso y manejo maquinaria agrícola. Toda dicha información se obtuvo del ingenio, CENGICAÑA y de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

D. Recopilación de la información primaria

Después de dialogar con estos jefes se paso a la realización de un inventario de los tractores presentes, en que estado se encuentran, año de fabricación, serie, las labores en las que se pueden utilizar, eficiencias estimadas, rendimientos y programa anual de mecanización agrícola. También se contabilizaron los implementos utilizados así como sus generalidades de interés para el campo.

A la par de la toma de estos datos se le realizo un análisis FODA sobre la actual situación de los implementos y maquinaria agrícola empleada para la roturación del suelo, por parte del departamento.

1.4.1.2 Terminología FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas)

Esta es una herramienta que nos permite agrupar en un cuadro de la situación actual de una organización, empresa o algo en particular. Esta herramienta se divide en dos categorías una internas (se pueden influir sobre ellas, son la empresa) y la otra externas (no se puede influir sobre ellas, son ajenas a la empresa).

A. Internas

a. Fortalezas: Estas son la capacidades especiales con las que cuenta la institución en estudio, así también es una posición ventajosa que se tiene sobre la competencia.

b. Debilidades: Estas son aquellos factores que son desfavorables frente a la competencia, así como los recursos y habilidades que carece la institución.

B. Externas

a. Oportunidades: Son aquellos factores positivos que se deben de descubrir en el entorno de la institución y que a la vez permiten tener ventajas sobre la competencia.

b. Amenazas: Estas permanecen en el entorno de la institución y puede llegar a atentar contra la misma.

1.4.2 Elaboración de investigación y de servicios

A partir de de la información generada se realizaron los planes de servicios prestados y la investigación de interés para la empresa, el cual fue abalado por el encargado de la misma y asesorado por ingenieros propuestos en la FAUSAC.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Resumen de la disponibilidad de tractores para realizar labores de preparación de suelos

En el cuadro 1.1 se puede apreciar el número de tractores requeridos para cada mes y de los días hábiles con los que se dispone para realizar cada labor, por lo tanto algo que se puede apreciar es la diferencia de eficiencias potencial (5.06 hrs./Ha) y real (1.87 hrs./Ha) disponibles para la temporada que presentan los dos tractores empleados en la labor de subsuelo que es de 3.19 hrs./Ha que se dispone de más para terminar esa labor a tiempo que equivale al 63 %. De la misma manera se disponen las otras labores, como volteo 1.63 hrs. /Ha (54.29 %), pulido 1.94 hrs. /Ha, surqueo 1.57 hrs. /Ha y surqueo D-5 19.79 hrs. /Ha (87.37%), pero el factor distancia y condiciones del terreno son las que

marcan la pauta de las necesidades de maquinaria por esa razón se presentan grandes discrepancias de eficiencias potenciales, de ahí que una buena logística de distribución de la maquinaria es la que presentará una adecuada eficiencia.

Cuadro 1.1: Número de tractores requeridos por mes por cada labor.

Mes	Días hábiles	Hrs. / Día	Subsuelo			Volteo			Pulido			Surqueo			Surqueo D-5			TOTAL Hrs/Ha	Número Tractores
			Tractores	Horas	Mz	Tractores	Horas	Mz	Tractores	Horas	Mz	Tractores	Horas	Mz	Tractores	Horas	Mz		
Noviembre	10	16	2	298	225	2	216	225	2	167	225	0	0	0	0	0	0	675	5
Diciembre	27	16	2	170	131	2	178	165	2	137	165	3	410	410	2	32	16	927	5
Enero	30	16	1	134	103	3	347	361	3	267	361	3	361	361	0	170	65	1279	6
Febrero	28	16	2	456	352	3	411	428	3	317	428	3	428	428	2	0	0	1613	6
Marzo	31	16	0	0	0	2	175	162	2	135	162	2	162	162	0	164	62	655	4
Abril	25	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal	191		2	1,084	811	2	1,326	1,361	1	1,022	1,361	2	1,361	1,361	0	366	162	5,146	6

1.5.2 Requerimientos de la maquinaria agrícola y sus eficiencias por labor

Como se puede observar en el cuadro 1.2 se presentan las eficiencias de la maquinaria agrícola empleada en el ingenio, y de su disponibilidad por mes.

Cuadro 1.2: Requerimientos de la maquinaria agrícola y sus eficiencias por labor por mes.

Labor y Eficiencia (Hrs/Ha)	Subsuelo		Volteo		Pulido		Surqueo		Surqueo D-5	
	Ha	Hrs	Ha	Hrs	Ha	Hrs	Ha	Hrs	Ha	Hrs
	1,86		1,37		1,06		1,43		2,86	
Noviembre	50,4	94	88,2	121	88,2	94	88,2	126	11,2	32
Diciembre	270,9	502	371,7	510	371,7	392	371,7	531	59,5	170
Enero	246,4	458	379,4	520	379,4	401	379,4	542	0	0
Febrero	0	0	105	143	105	111	105	150	57,4	164
Marzo	0	0	22,4	31	22,4	23	22,4	32	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	567,7	1054	966,7	1325	966,7	1021	966,7	1381	128,1	366

1.5.3 Análisis de la información FODA

De toda la información obtenida por medio de las entrevistas, se realizó un análisis FODA de la institución, pretendiendo determinar las Fortalezas que se pueden aprovechar, las Oportunidades que se deben de incentivar, las Debilidades que se deben de corregir y las Amenazas que se deben de prevenir.

1.5.3.1 Fortalezas

- A. Taller de reparación con personal con experiencia
- B. Presupuesto asignado
- C. Personal técnico capacitado
- D. Transporte
- E. Oficina
- F. Genera fuentes de trabajo tanto directamente como indirectamente.
- G. Bodega de repuestos.
- H. Apoyo directo de la gerencia agrícola
- I. Asesoría técnica del soporte de garantía

1.5.3.2 Oportunidades

- A. Crecer en cobertura de eficiencias de trabajo ya sea en fincas accionistas y/o proveedoras.
- C. Adquisición de maquinaria agrícola moderna.
- D. Crecimiento del personal operativo y técnico dentro de la empresa.
- E. Disponibilidad de maquinaria arrendada.
- F. Capacitaciones a personal operativo por parte del personal técnico de TECUN SA.
- G. Operadores calificados en operación de maquinaria pesada.

1.5.3.3 Debilidades

- A. El personal que utiliza los tractores no cuenta con una capacitación para una adecuada eficiencia en el funcionamiento de la maquinaria.
- B. La maquinaria agrícola pierde tiempo por mala distribución del abastecimiento de combustible.
- C. Los operadores no cuentan con la herramienta adecuada para las reparaciones mínimas en el campo.

- D. No se logra cumplir a cabalidad con las labores de campo a tiempo por falta de maquinaria ya que con la maquinaria propia solo se cubre el 70% y con maquinaria arrendada el 30 % restante de las labores.
- E. No se tiene un control adecuado y a tiempo de la información de consumo de combustible/ labor.
- F. No se cuenta con maquinaria adecuada para áreas problema D-5 (pedregosas, anegada, quebradas, etc.).
- G. La asistencia técnica en el campo no es eficiente por lo que se incrementa el tiempo de las labores.
- H. Por falta de personal no se tienen registros de las eficiencias reales en el campo de la maquinaria/labor/hora.
- I. Los repuestos no llegan a tiempo cuando se requieren para su utilización,
- J. Personal de operación no cuenta con equipo de protección.
- K. No se cuenta con un programa preventivo y de servicios en la maquinaria agrícola (tractores de rueda y de banda, implementos agrícolas).
- L. Falta de recursos para resolución de problemas en el campo, el personal en cargado de la supervisión no cuenta con vehículo asignado para llevar una adecuada supervisión de cada labor, además falta personal para realizar esta misma función.

1.5.3.4 Amenazas

- A. Rodaje de maquinaria en carretera (Accidentes extra urbano en el transporte de la maquinaria).
- B. Incremento de costo en el traslado de maquinaria (low-boy) y pérdida de tiempo por condiciones de terreno y peligros de accidente.
- C. Falta de control en abastecimiento de combustible.
- D. Incremento de gasto de combustible por máquina/hora.
- E. Uso de repuestos no originales de maquinaria agrícola.
- F. Mala programación de los encargados de la maquinaria agrícola, por inclemencias del estado de tiempo.

1.5.4 Jerarquización de los problemas y posible solución

Como se puede observar en el cuadro 1.3 se dan a conocer el orden de importancia de los problemas detectados y sus posibles soluciones en el departamento de mecanización agrícola, así como su ponderación en el cual 10 es el de mayor importancia, para su pronta solución.

Cuadro 1.3: Detección de problemas en el departamentote mecanización y su jerarquización.

Jerarquización de problemas y su posible solución				
Problema	Causa	Efecto	Posible Ponderación	Ponderación (1 a 10)
Falta de personal técnico calificado	No hay supervisión del personal en el campo	Mala práctica en las labores de mecanización	Creación de plaza supervisor de departamento	10
No se tiene registros de las eficiencias reales de la maquinaria/labor/hora	Falta de personal y tiempo	No se obtiene el mayor rendimiento por maquinaria / hombre / labor/hora	Determinar las eficiencias reales en el campo por tractor / labor / hora	10
No hay capacitación para el personal operacional de los tractores	Ineficiencias en el funcionamiento de los tractores	Trabajos mal hechos y daño al equipo	Obtener o crear un manual operacional sencillo para los trabajadores	9
Maquinaria agrícola por pérdida de tiempo	Mala distribución de abastecimiento de combustible	Pérdida de tiempo, aumento de costo por labor, ineficiencias del equipo y trabajos mal hechos	Crear una metodología de abastecimiento más adecuada acorde a estimaciones de gastos de combustible de labor/tractor/hora	9
	Los operadores de la maquinaria no cuentan con herramientas adecuadas para reparaciones sencillas en el campo	Pérdida de tiempo, gastos innecesarios de transporte, combustibles y jornales extras	Cotización de un presupuesto y posible adquisición de herramientas adecuadas para reparaciones mínimas en el campo	9
	Repuestos no llegan a tiempo	Tiempo perdido y posible arrendamiento de otra maquinaria para cumplir con el cronograma	Tener más repuestos en bodega de los que con mayor facilidad se necesitan	9
	No se cuenta con un programa estricto preventivo y de servicio a la maquinaria agrícola	Desperfectos inesperados en el campo y por ende pérdida de tiempo y aumento de costos	Crear un programa para determinación de servicios/ máquina/implemento en el campo	8
	Falta de maquinaria propia	Incumplimiento de las labores calendarizadas	Arrendamiento de maquinaria	Adquisición de maquinaria

1.6 CONCLUSIONES

1. Mediante el conocimiento del organigrama de la empresa se observó que el departamento tiene relación directa con la superintendencia de campo y así mismo un apoyo directo en toma de decisiones, por lo tanto, de esta manera tiene la facilidad de gestionar una mejora del presupuesto de la maquinaria y creación de plazas para realizar un adecuada supervisión de las eficiencias del equipo e implementos agrícolas en el campo.
2. Los requerimientos de maquinaria para las ampliaciones es de cuatro tractores arrendados y sus respectivos implementos. Y cinco tractores para las áreas de fincas bajo administración.
3. En base al manual de atribuciones y funciones se conoció que hay pérdida de tiempo y deterioro de la maquinaria agrícola, por falta de supervisión de los administradores encargados de las fincas ya que son ellos los responsables de velar por adecuado funcionamiento de todo lo que ingresa a su área.
4. Mediante el inventario de la maquinaria se determinó las insuficiencias de maquinaria (2 tractores marca Case de la serie MXM 140, 2 tractores John Deere de la serie 7810, 4 tractores John Deere de la serie 6400, 1 tractor John Deere de la serie 8200 y 6 tractores marca Case de la serie MXM 135) así como de implementos. (3 cultivadoras, 2 rastras sanitaria y 1 Rome Plaw), necesarios para la siguiente temporada de labores convencionales.
5. Las eficiencias de horas por manzana encontrada para el equipo utilizado en el ingenio fueron: para el subsuelo 1.04, volteo 0.96, pulido 0.74, surqueado 1 y surqueado con D-5 0.5.
6. Se conoció que hay una persona encargada de calibración del equipo antes de utilizarse, pero por falta de tiempo y distancia de las fincas no es capaz de realizar una

supervisión acorde a las exigencias de las labores de mecanización en cada una de las áreas.

7. Se llevan controles de consumo de combustible y horómetros en el campo, pero no llevan estos controles semanales si no que lo realizan mensualmente los totales y por eso no se tiene un control adecuado del consumo.
8. El personal operacional de los tractores conoce un poco de mecánica, pero por falta de herramienta adecuada no puede solucionar los problemas menores que se dan en el campo y por eso hay pérdida de tiempo y pagos extras de jornales.
9. Hace falta la creación de una plaza de asistencia para mantener una supervisión adecuada de la labores de mecanización.
10. No se lleva un adecuado control de la calibración de las ferti-cultivadoras en el campo, dando así sobre dosificaciones de fertilizantes y en el peor de los casos que se de un sub-dosificación, y el cultivo no reciba la dosis necesaria para que manifieste su máximo potencial.

1.7 RECOMENDACIONES

- 1. Capacitar a los operarios de la maquinaria agrícola tanto para el funcionamiento adecuado del equipo e implementos, como para realizar reparaciones temporales cuando al maquinaria esta en uso en el campo.**

- 2. Involucrar más al personal encargado de las fincas para que presente más atención al uso de la maquinaria agrícola asignada a su área y así poder hacer un adecuado uso del equipo como también que se alargue más la vida útil.**

- 3. Crear una plaza de técnico, el cual estaría a cargo de supervisar las labores convencionales de roturación del suelo (subsulado, volteo, pulido, surqueado y aporcado), en el departamento de mecanización agrícola.**

1.8 BIBLIOGRAFÍA

18

1. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación en la Caña de Azúcar, GT). 1995. Estratificación preliminar de la zona de producción de caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en Guatemala con fines de investigación de variedades. Guatemala. 35p.
2. _____. 2003. Informe anual 2002-2003. Guatemala. 55 p.
3. León, RA De. 1979. Mecánica, maquinaria y mecanización agrícola. Instituto Técnico de Agricultura, Ministerio de Agricultura. Barcenas, Guatemala. 30 p.
4. Nájera, BG. 1992. Diagnostico del manejo y funcionamiento de la sección de madurantes e inhibidores de la floración en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la Empresa Pantaleón S.A. en Escuintla. Diagnóstico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 48 p.
5. Simmons, CH; Tárano, JM; Pinto, JH. 1958. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. p. 265-294.



Vo. Bo. Rolando Barrios.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Capítulo II

Investigación

Evaluación de dos madurante en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), en la variedad CP72-2086, en Santo Domingo, Suchitepéquez.

Investigation

Two evaluation of maturate in the sugar cane (*Saccharum officinarum* L.), in variety CP72-2086, in Santo Domingo, Suchitepéquez

El objetivo primordial de la industria azucarera en Guatemala, es obtener una mayor producción de caña y rendimiento en cantidad de azúcar por área y por tonelada, el cual lo consiguen con buen manejo de los recursos y tecnología acorde. La aplicación de madurantes químicos es una de ellas, y es realizada por la aplicación de herbicidas a bajas dosis.

Las zonas climáticas en las cuales la temperatura y la precipitación que no le son favorables al cultivo, para proporcionarle una maduración natural, son las que mayor respuesta presentan para el uso de productos químicos que mejoren la calidad de los jugos de la caña, así mismo son las de mayor interés para su evaluación.

Un argumento dado con frecuencia es que estos madurantes químicos por presentar una acción herbicida tiende a trastocarse a los puntos de crecimiento activo, provocando una ruptura de la dominancia apical^{*} y el despertar de las yemas laterales por lo tanto permitiendo de esta manera un consumo de energía innecesario por parte del cultivo en forma de sacarosa, de esta manera afectando la calidad de los jugos y el rendimiento del cañaveral.

Una alternativa para la solución de los problemas antes mencionados es la utilización de un madurante que presente una acción no herbicida sino que se manifieste simplemente como un madurante en si, beneficiando la calidad de los jugos de la caña en la acumulación de la sacarosa en los entrenudos del cultivo.

En el presente trabajo de investigación se evaluaron dos madurantes uno con acción herbicida (glifosato) y el otro con acción no herbicida (bio-estimulador), mas un

* Es el crecimiento longitudinal del tallo que no permite el desarrollo de otras yemas, provocado por la presencia de auxinas (hormona natural).

testigo, para mejorar la acumulación de sacarosa en los entrenudos de la caña de azúcar, para ello se utilizó la variedad CP 722086 en estado de soca de tercer corte, bajo las condiciones de la finca Los Patos del ingenio Palo Gordo, Santo Domingo, del departamento de Suchitepéquez.

Para dicha investigación se utilizó un diseño de bloques al azar con sub-muestreo, con tres tratamientos y siete repeticiones, midiendo las siguientes variables: calidad de jugos y rendimiento; para la primera variable están los grados brix, pol y porcentaje de pureza, para la segunda son kilogramos de azúcar por tonelada y toneladas de caña por hectárea.

De las variables evaluadas en pre-cosecha, en lo que respecta a la calidad de los jugos solo los grados brix no presentaron diferencia significativa. Para la variable pol esta presentó una diferencia significativa de 1.32 % y 0,98 % más para el bio-estimulador en comparación del testigo para el primero y segundo muestreo respectivamente; y comparándolo con el glifosato este manifestó 0.71 a 0.14 % arriba del glifosato sobre el primer y segundo muestreo. Por otro lado lo que respecta la variable rendimiento, el testigo manifestó el menor rendimiento en Kg. de azúcar por tonelada de caña que fue de 9.92 % menos que el bio-estimulador que fue de 154.55 Kg. / TM, así mismo el glifosato dio una diferencia significativa en relación al testigo del 7.5 % más que corresponde al 10.90 Kg. / TM. De la misma manera en lo que respecta al rendimiento (kg de azúcar/Ton) para la cosecha el glifosato presentó mayor incremento en 7.95 y 2.59 en relación al testigo y el bio-estimulador.

En lo que se refiere a el análisis económico el glifosato fue el que dio una Tasa Marginal de Retorno por cada Q. 1.00 invertido se gana Q.17.00, a diferencia el bio-estimulador dio un ganancia menor de Q.11.98 por cada Q.1.00 invertido. Por lo tanto el glifosato presenta una mayor ganancia con una diferencia entre madurantes de Q. 5.05 más.

2.1 INTRODUCCIÓN

En Guatemala, el cultivo de la caña de azúcar ha tomado un gran auge debido a que es una de las agro-industrias de mayor expansión territorial en el país. Los ingenios en Guatemala, persiguen obtener una mayor producción de caña y rendimiento en cantidad de azúcar por área y por tonelada, el cual lo consiguen con buen manejo de los recursos y tecnología acorde. La aplicación de madurantes es una de ellas y es realizada por la aplicación de herbicidas a bajas dosis.

De los madurantes se empezó a conocer a partir de 1920, en especial en caña de azúcar, así mismo también en otros cultivos como; la soya, maíz, piña y sorgo. Una de las prácticas más antiguas, utilizada para aumentar el contenido de sacarosa, consiste en reducir el área foliar cortando varias hojas de la planta, técnica ya que no se practica (20).

Los primeros ensayos con madurantes se realizaron en Hawái, Cuba y Australia utilizando 2,4-D, ácido giberélico y TBA (2, 3,6-triclorobenzoico) sin que se encontraran resultados significativos en el aumento del contenido de sacarosa.

El uso de productos químicos para mejorar la calidad de los jugos de caña, ha sido evaluado principalmente en aquellas zonas climáticas en donde la temperatura y precipitación no favorecen la maduración natural.

Los compuestos evaluados en el ámbito mundial que ha mostrado mejores resultados son Polaris o Glifosina (N-N-bisfosfometil-glicina); Polado (Sal sódica de glifosato); Round Up (Sal Isopropilamina de glifosato).

Algo que se ha argumentado frecuentemente es que todos estos productos por presentar una acción herbicida tienden a traslocarse a los puntos de crecimiento activo (yemas apicales y axiales), así creando problemas como sensibilizando la cepa al nivel de las raíces y yemas así mismo asiéndolas más susceptibles a plagas y enfermedades. Otro de los problemas, es que el madurante inhibe por completo en algunas variedades el

crecimiento apical accionado el crecimiento de las yemas laterales (lajas), hacen un gasto de energía en forma de sacarosa acumulada en los entrenudos lo cual se ve manifestado en la calidad de los jugos de la caña y a la vez creando la suverización de la parte central del tallo, que al nivel de la industrialización es de gran problema.

Una nueva alternativa para obtener mejores resultados sobre la calidad de los jugos en el rendimiento de azúcares en el cultivo de caña de azúcar y poder contrarrestar estos problemas, es la utilización de un madurante que presente ventajas respecto a otros maduradores, es su acción específica sobre el cese del crecimiento y elongación del tallo, sin causar efectos o daños colaterales a la cepa, la cual deberá tener toda la potencia para la reiniciación del ciclo productivo. Además se suma el hecho que este madurante no afecte negativamente la actividad metabólica y fisiológica de las hojas, haciendo que la fotosíntesis y acumulación de azúcares continúen durante las últimas semanas, logrando de esta forma un importante incremento en el rendimiento final del cañaveral.

Otro de los beneficios que se espera de este madurante es que ayuda a regular el crecimiento vegetal en la parte meristemo apical, así mismo presentan una acción retardante del crecimiento, por otro lado están dirigidos a lograr un incremento en la recuperación de azúcar, elevando y estabilizando el contenido de sacarosa en los cultivares comerciales, y favoreciendo una cosecha ligeramente mas temprana.

En el presente trabajo de investigación se realizó una evaluación los madurantes uno comercial (glifosato) y otro producto nuevo (bio-estimulador) que presenta la bondad de no ser un herbicida, en la aplicación de madurante, bajo las mismas condiciones.

En la elaboración de la investigación se utilizaron parcelas experimentales de caña de azúcar de la variedad CP72-2086, ya que es una de las variedades que presenta buenas características agronómicas, y especialmente buenos rendimientos y de gran interés para los ingenios de la Costa Sur del país. Para ello se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con sub-muestreo. El ensayo presentó 7 repeticiones y 3 tratamientos incluyendo al testigo absoluto. Lo cual da un total de 21 unidades

experimentales. Luego con visitas al campo se realizó la delimitación y distribución de los tratamientos, en lo que respecta a la delimitación se hizo colocando unas estacas de madera en cada uno de los linderos previamente medidos con una cinta métrica, para cada unidad experimental que consto 2400 m^2 (0.34Mz). La distribución de los tratamientos se realizó un sorteo al azar para no influir en los resultados.

La aplicación de los madurantes tanto del bio-estimulador como el glifosato, se realizó de forma aérea con la ayuda de un helicóptero, de 16 metros de ancho faja para la descarga de los productos, con boquillas XR-8003, distanciadas a 35 cms. Para un total de 45 boquillas.

Para la toma de muestras se delimitaron las áreas de los surcos a muestreados con una dimensión de 10 metros de largo por 9 metros de ancho según Álvarez Cajas (1), tomado así 4 sub-muestras las cuales se marcaron con cinta de nylon de diferente color unos 120 tallos por unidad experimental, para lograr medir las diferentes variables.

El experimento se llevó a cabo en la finca Los Patos, en el municipio de Santo Domingo, del departamento de Suchitepéquez.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El cultivo de caña de azúcar como cualquier otro, tiene factores limitantes que influyen directamente sobre el rendimiento, entre estos se encuentra la maduración. Por consiguiente la maduración tiende a influir en la cosecha para obtener mejores beneficios. La maduración en la caña de azúcar es inducida por tres causas distintas, siendo estas; el ambiente, caracteres genéticos o por productos químicos dirigidos; la primera de ellas, se puede presentar por una reducción fuerte de la humedad del suelo, un descenso de la temperatura, una declinación de las horas luz, etc.; la segunda por una maduración natural el cual es determinado por la genética del material vegetal o variedad usada, en el que se da un proceso donde la planta deja de crecer y empieza a almacenar energía en forma de sacarosa, y la tercera es por una inducción con productos químicos, que normalmente son herbicidas a bajas dosis, con el objetivo de crearle un estado de estrés a la planta; por lo tanto los tres tipos de causas de inducción tienen como objetivo final cesar el crecimiento y estimularla para la acumulación de azúcares que utiliza para proveerse de energía necesaria para su crecimiento y desarrollo. La maduración inducida por los químicos presenta el dilema en estos causan un estrés en las plantas provocando bajas en los rendimientos de futuras cosechas, y por ende acortado la vida útil de los cañaverales que se estima en 5 a 6 años de buena productividad y aquí con la aplicación de herbicidas a bajas dosis solo se han alcanzado 5 años para su renovación. Pero el manejo es un factor determinante para así largar la vida útil del cañaveral.

Un madurante químico que ha presentado buenos resultados en la madurez y acumulación de sacarosa en la caña de azúcar es el glifosato, pero por ser un producto de acción herbicida sistémico tiende a traslocarse a los puntos de crecimiento activo (yemas apicales y axiales), así sensibilizando la cepa al nivel de las raíces y yemas de reserva que se emplearan en el sub-secuente período, en estos casos la cepa se debilita, se hace más susceptible año con año al ataque por plagas, enfermedades y al estrés ambiental, y en lo peor del caso sería que se hiciera menos productiva y la vida útil se acorte.

Otro problema que se presenta es que si no se cosecha en un tiempo adecuado se tiende a deteriorar la fabrica de azúcar es decir la caña (suverisar o formación de corcho), en el tejido central del tallo de la caña que tiende a disminuir la concentración de azúcar producida por la heterogeneidad (fisiológicamente hablando) que manifiesta el cultivo al momento de la aplicación del madurante. Pero para poder ser cosechado se realiza un pre-muestreo con el fin de determinar el contenido de azúcar y si el cultivo presenta una adecuada concentración de sacarosa se realiza la pre-quema y su posterior cosecha, pero como ya se menciono, si la plantación no es homogénea no se tiene un valor estimado puntual de la cantidad de azúcar a producirse. Por otro lado la aplicación de un madurante que no presente una acción herbicida si no que manifieste al acción de regulación de crecimiento apical y no lo corte por completo como lo hacen los herbicidas a bajas dosis (madurantes actuales), por lo tanto provocando un desgaste de energía por parte de la planta debido a que las yemas laterales que estaban en dormancia tienden a crecer y consumir la sacarosa acumulada en los entrenudos disminuyendo así el rendimiento esperado, y esto a su vez causando una suverización de los entrenudos próximos a el meristemo apical, esta formación de corcho provoca un efecto llamado *esponja* por los encargados de la fabricación de azúcar, el cual causa que a la hora de sacarle el jugo a las cañas este corcho no los deja escapar disminuyendo el rendimiento.

2.3 JUSTIFICACIÓN

El cultivo de caña de azúcar se encuentra en mayores proporciones en la Costa Sur del país, en donde se estiman aproximadamente 240,000 hectáreas sembradas según boletín CENGICAÑA (7); Al igual que otros cultivos, la caña presenta problemas en el proceso de producción, principalmente en la fase inicial de la zafra, presentándose un problema en donde si no se entrega al ingenio una caña con la madurez adecuada, presentará una baja en la concentración de sacarosa. Esto se debe a que al iniciar la zafra las condiciones del ambiente no son favorables para que el cultivo desarrolle una maduración natural apropiada, las cuales son, la temperatura, la precipitación y las horas luz requeridas por la planta. Por lo tanto, para poder combatir este problema se aplican madurantes como el glifosato que ha presentado buenos resultados en la regulación del crecimiento, solo que este tiene una limitante, ya que si la cosecha no se hace en el tiempo adecuado, debido a que el lote no ha logrado generalizar la concentración de azúcares, se prolonga su tiempo de cosecha, y este producto como tiene una acción herbicida tiende a traslocarse en los puntos de crecimiento meristemáticos activos, así sensibilizando la cepa al nivel de las raíces y yemas de reserva para el siguiente ciclo, en estos casos la cepa se debilita, se hace mas susceptible a cualquier condición externa adversa y en lo peor de los casos sería que se reduzca el rendimiento y por ende que la vida útil de la cepa se acorte. Por esas razones se hace necesaria la aplicación de un madurante que no tenga acción herbicida, mas bien que regule el crecimiento apical y que no lo corte por completo como lo hacen los madurantes tradicionales, induciendo a su vez al despertar de las yemas laterales que provocan un consumo innecesario de la sacarosa que es acumulada en los entrenudos próximos al crecimiento apical, por lo tanto disminuyendo así la concentración de solutos en suspensión y el % de sacarosa presentes en el jugo de la caña en el momento de su extracción. De la misma manera mermando el rendimiento de tonelada de caña moledera (caña apta para procesar que no presenta corcho y tiene un % bajo brix), y por consiguiente se espera que este madurante de acción no herbicida presente las bondades de regular el crecimiento apical, de inducir la acumulación de sacarosa en los entrenudos, aumento del % de grados brix, la pureza del

jugo, favoreciendo una cosecha ligeramente mas temprana y finalmente aumente los kilogramos de azúcar por tonelada de caña.

2.4 MARCO TEÓRICO

2.4.1 MARCO CONCEPTUAL

2.4.1.1 Maduración de la caña de azúcar

De acuerdo con Buenaventura (4), la maduración de la caña de azúcar es un proceso metabólico, durante la cual la planta deja de crecer y comienza a conservar energía en forma de sacarosa, almacenándola en el tallo. La caña de azúcar presenta 3 etapas en su ciclo de vida las cuales son; la vegetativa (va desde la germinación, formación de tallos hasta el cese de su crecimiento y acumulación de la sacarosa y otras sustancias químicas), la reproductiva (formación y desarrollo de los órganos reproductivos) y la productiva. Se puede decir que la planta de caña durante su etapa de crecimiento se dedica principalmente a la formación de los tallos, o sea, los depósitos para ser llenados de sacarosa.

La capacidad de la caña para producir azúcar depende los factores ambientales (como precipitación, luminosidad y oscilación de la temperatura), manejo del cultivo y de la variedad empleada (13,18).

2.4.1.2 Fisiología de la maduración en la caña de azúcar

La planta de caña de azúcar requiere de un descenso de la temperatura ambiental que haga más amplio el rango entre la máxima temperatura diurna y la mínima nocturna, así como una reducción drástica de la humedad del suelo con el fin de reducir su ritmo de crecimiento e inducirle a transformar en sucrosa (o sacarosa) los azúcares reductores que utiliza para proveerse de energía necesaria para su crecimiento y desarrollo.

Por otro lado, el ciclo vegetativo de la caña de azúcar comprende tres etapas que, con ligera variante de acuerdo con la variedad, se definen así; la primera corresponde al desarrollo de las cepas que va desde la germinación o brotación hasta que el campo cierra (5 a 6 meses de edad) y que es la etapa de mayor requerimiento de agua, estando el contenido en la planta arriba del 85 %: la segunda comprende la etapa de formación de sacarosa y se extiende del final de la primera hasta el inicio de la maduración, periodo en que la humedad del tallo debe de ser 78 a 80 %; la tercera etapa es la maduración propiamente, la que se inicia a los nueve meses de edad, necesitándose entre un 73 a 75 % de humedad en la planta para obtener una buena maduración.

Fisiológicamente, la maduración es un proceso metabólico en el cual la planta cesa su tasa de crecimiento vegetativo y empieza a acumular energía en forma de sacarosa en los tejidos parenquimatosos del culmo o tallo aéreo (16).

Buenaventura, (1986). Citado por Ortiz, Garzo (14), dice que las condiciones favorables para la maduración natural de la caña de azúcar son: Periodos de poca lluvia, temperaturas bajas con oscilación entre el día y la noche de 11°C y bastante luz solar en un periodo de 4 a 6 semanas antes de la cosecha.

Los factores más importantes en la maduración de la caña de azúcar, según Chávez Solera (8) se puede dividir en cuatro categorías.

A. Potencial de las variedades para acumular azúcar

El ciclo de crecimiento y el potencial de las variedades para acumular azúcar, puede ser determinada por lo genetistas a través de un programa de mejoramiento que permite obtener variedades con las características requeridas en cada región, por ejemplo, las variedades de Canal Point Clexiston desarrolladas en Florida, EE.UU., con alta capacidad de acumulación de azúcar y de ciclo corto, en tanto que las variedades desarrolladas en Barbados y Puerto Rico tienen periodo de crecimiento mucho más largo (8).

B. Mecanismos de acumulación de sacarosa en la planta

La invertasa ácida que está localizada en las paredes celulares del tallo, es responsable de la hidrólisis de la sacarosa en hexosas (glucosa y fructosa), a medida que el cultivo va madurando, la concentración de invertasa neutral comienza a aumentar (8).

C. Maduración en función de humedad, temperatura, luminosidad, edad e influencia de los nutrientes (cantidad y accesibilidad de nitrógeno y potasio)**a. Humedad**

El contenido de humedad en el suelo es un factor muy importante para la maduración de la caña de azúcar. Las relaciones de humedad interna de la caña, son el factor dominante en la síntesis y traslocación de azúcares. Cuando la planta está en desarrollo, debe tener un suministro adecuado de agua que le permita la absorción de nutrientes del suelo, su transporte al tallo, y asimilación de los mismos para realizar los procesos fisiológicos (2).

Al momento del corte, es necesario reducir el contenido de humedad, toda vez que este directamente relacionado con la calidad del jugo. Si hay bajos contenidos de humedad en el suelo, la cantidad de agua en los entrenudos más jóvenes, se disminuye y se reduce el crecimiento en forma gradual, hasta que prácticamente cesa cuando llega el punto de marchites. Cuando el desarrollo se retarda, se disminuye la demanda de azúcares y estos se almacenan en los tallos (19).

Al bajar la humedad de los tallos induce a la acumulación de sacarosa y disminuye la conversión de azúcares reductores.

b. Temperatura

La temperatura es el factor climático que quizá desempeña el papel más importante en la maduración de la caña de azúcar. Infortunadamente los factores climáticos, en especial la temperatura no se puede controlar, pero si es posible si se conoce su

tendencia de comportamiento, manejar el cultivo adaptándolo a las condiciones del clima. La temperatura afecta la absorción de agua y nutrientes de la planta, limitando así su crecimiento y desarrollo (2).

c. Luminosidad

Siendo la luz su principal fuente de energía para la fotosíntesis, y la caña de azúcar uno de los cultivos que mayor aprovechamiento hace de ella, juega un papel muy importante en el abastecimiento de la planta con los materiales necesarios para su desarrollo. La disminución de la luz, hace que se reduzca el almacenamiento de azúcares y se acumule el almidón en las hojas, se disminuye la elaboración y almacenamiento de azúcar en la planta (13).

d. Edad

A medida que la caña sobrepasa su etapa de crecimiento más efectivo, se desarrolla más lentamente, el cogollo se reduce, los niveles de humedad y nitrógeno bajan y se almacenan más azúcar en el tallo. La edad es una forma natural de reducir la humedad y el nitrógeno en los tallos, los cuales entonces maduran (13).

e. Influencia de los nutrientes

Los nutrientes afectan tanto el crecimiento y el desarrollo de la planta como su maduración. Unos tienen efectos adversos, mientras que otros mejoran la calidad. El nitrógeno tiene un efecto negativo en la calidad de la caña cuando se aplica en exceso. Fertilizaciones excesivas y tardías con materia orgánica o riegos continuos con afluentes de las fábricas hace difícil la maduración. El fósforo juega un papel clave en la calidad de los jugos. Se estima, que para tener, una buena clarificación en los procesos de obtención de azúcar o elaboración de panela se requiere concentración de 300 a 600 mg de pentóxido de di-fósforo por litro de jugo (2).

La suficiente disponibilidad de nitrógeno y potasio es muy importante no solo para obtener un incremento máximo sino también para almacenamiento óptimo de sacarosa en el cultivo de caña de azúcar (8).

f. Efecto de la floración en la maduración

El efecto de la floración sobre el rendimiento en azúcar y el tonelaje de caña dependerán de la edad del cultivo y de la intensidad de la floración. Cuando comienza la floración se suspende la formación de nuevos entrenudos y se promueve la formación de yemas laterales; se inicia la formación de medula corchosa que se forma en la parte superior del tallo y se va extendiendo hacia abajo, dependiendo principalmente de las condiciones de humedad. En condiciones de sequía, las áreas de medula se unen y se forma un núcleo meduloso que contiene muy poco jugo, cuando estas cañas hay un resultado extra de fibra con muy bajo contenido de azúcar (2).

D. Control de la maduración

Para aumentar el contenido de sacarosa y poder llevar un control de la maduración de la caña, se pueden aplicar productos químicos que regulan el crecimiento y aceleran la maduración. Su efectividad depende de varios factores entre los cuales se pueden mencionar la variedad y la edad de la caña, producto utilizado, dosis, época de aplicación, etc.

A pesar que los nutrientes pueden influenciar la fotosíntesis, la traslocación y almacenamiento de los azúcares, su mayor contribución es asegurar el crecimiento máximo de la caña y obtener el mayor tonelaje de cañas por hectárea. Para obtener resultados óptimos el nitrógeno debe de aplicarse en los tres primeros meses de crecimiento de la caña de un ciclo de doce meses, desde la germinación hasta la cosecha (8).

2.4.1.3 Procesos anatómicos y morfológicos de la maduración

Los azúcares formados en la fotosíntesis como son, en su orden, glucosa y fructosa, sufren un proceso de síntesis en el cloroplasto, para convertirse en sacarosa después de una serie de reacciones químicas catalizadas por enzimas presentes en su

mayoría en el estroma de este organelo celular. La sacarosa se trasloca, entonces de las hojas hacia el tallo y las raíces a través del tejido de conducción denominado floema. Ya en el tallo, sigue un orden de acumulación en las células parenquimatosas o de distribución hacia las zonas de crecimiento en donde es desdoblada, fundamentalmente bajo la acción de la invertasa ácida, en los reductores, glucosa y fructosa que son los azúcares que pueden ingresar al proceso de respiración celular donde se degradan para producir la energía necesaria para el crecimiento y desarrollo de las células jóvenes.

Una vez ingresada al tejido parenquimatoso del tallo, la sacarosa, bajo la acción de la invertasa neutra, se desdobla en glucosa y fructosa, pero inmediatamente, por la acción de un proceso de fosforilación, da origen de nuevo a la sacarosa que se almacena en las células del mencionado tejido (8).

El almacenamiento de sacarosa en el tallo sigue un patrón basipétalo, es decir el azúcar se mueve hacia abajo y se va acumulando en los entrenudos inferiores, disminuyendo su concentración a medida que se asciende hacia el tercio superior del mismo (8).

La concentración de sacarosa difiere de un tipo de tejido a otro, según sea este, tejido joven o maduro, estando influenciada por la presencia de diferentes invertasas (enzimas) y por los requerimientos de energía para el crecimiento. En los tejidos jóvenes, en donde la expansión rápida de las células en común, las exigencias de grandes montos de energía requieren que la sacarosa sea hidrolizada rápidamente por la acción de la invertasa ácida produciendo glucosa y fructosa que, a través del proceso de respiración celular propician la energía necesaria para el proceso de crecimiento. Por otro lado, en los tejidos maduros, en donde el crecimiento y el desarrollo celular son mínimos, se reduce drásticamente la concentración de la invertasa ácida, predominante más bien la invertasa neutra, que aparentemente se localiza en el citoplasma, y que promueve la acumulación de la sacarosa en la vacuola (8).

2.4.1.4 Maduración química de la caña de azúcar

De acuerdo con González, citado por Ortiz, Garzo 2,003 (14), el termino correcto es madurador (que hace madurar), sin embargo, en la revisión de literatura parece como madurante (participio activo de madurar, que madura).

El proceso de maduración en la caña de azúcar, puede inducirse imponiendo a la planta condiciones de déficit o estrés, las principales condicionantes de dicho déficit que se relacionan con la maduración son; el déficit de nutrientes (especialmente de nitrógeno), la humedad del suelo, la temperatura imperante en el ambiente y la retención del crecimiento por medio de madurantes químicos. La aplicación de madurante esta dirigida a tres áreas importantes, una de ellas es la maduración directa antes de la cosecha, la remoción de la caña que se lleva a la molienda y retención de azúcares después de la cosecha, o sea reducción de la inversión de la sacarosa a azúcares reductores.

Un método efectivo de la regulación del crecimiento tendría un valor máximo al principio y al final de la zafra, cuando los niveles de sacarosa no son óptimos (13,14).

A. Historia de los madurantes

Se tiene información desde 1920, se viene estudiando sobre el uso de madurantes no solo en caña de azúcar, sino también en cultivos de soya, maíz, piña y sorgo. Una de las practicas más antiguas, utilizada para aumentar el contenido de sacarosa, consiste en reducir el área foliar cortando varia hojas de la planta, técnica que no se practica (20).

El uso de productos químicos para mejorar la calidad de los jugos de caña, ha sido evaluado principalmente en aquellas zonas climáticas en donde la temperatura y precipitación no favorecen la maduración natural (18).

Los primeros ensayos con madurantes se realizaron en Hawai, Cuba y Australia utilizando 2,4-D, ácido giberélico y TBA (2, 3,6-triclorobenzoico) sin que se encontraran resultados significativos en el aumento del contenido de sacarosa. En Barbados tampoco se encontraron efectos significativos por uso de varios componentes en el mejoramiento de la calidad de la caña, entre ellos sulfato y nitrato de cobre, nitrato de zinc, glicerol, fluoruro de sodio, 2,4-D y 2, 4,5-T.

Desde 1970 han aparecido varios productos comerciales predominantes, herbicidas que mediante investigaciones realizadas han dado buenos resultados con los madurantes. Los más importantes que se reportan en literatura son: Ethrel, Assulox, Polaris, Embark, Polado y Round Up, que se han utilizado con éxito en Hawai, Florida, Mauricio, Puerto Rico, Brasil, Luisiana y Sudáfrica.

Los compuestos evaluados a nivel mundial que ha mostrado mejores resultados son Polaris o Glifosina (N-N-bisfosfometil-glicina); Polado (Sal sódica de glifosato); Round Up (Sal isopropilamina de glifosato) y Etephon o Ethrel (19).

B. Efecto de los beneficios del madurante

A pesar de que al cultivo de caña se le presenten condiciones desfavorables el madurante puede lograr dar una buena concentración de azúcar, así mismo puede inhibir la floración en algunas variedades. También puede secar las hojas de la caña, produciendo así mejor quema, reduciendo la basura y costo adicionales de la misma, como, transporte, es decir una reducción en la relación de toneladas de caña y toneladas de azúcar, puesto que se transporta caña sin basura y con mayor contenido de sacarosa.

La caña tratada con el madurante, puede dar un aumento en la productividad, debido al incremento de sacarosa y la pureza de los jugos obtenidos, pues se beneficia la molienda de caña de buena calidad.

Se ha demostrado que la caña tratada con el madurante tiende a deteriorarse con menor rapidez después del corte, que la no tratada. Esto conserva el azúcar ya

almacenado dentro de los tallos de la caña, para los ingenios que por razones imprevistas no pueden procesar la caña dentro de las 48 horas después del corte (11).

C. Efectos visibles del madurante

A veces puede notarse efectos visibles después de la aplicación del madurante, estos efectos pueden variar dependiendo de las condiciones de la plantación, estación del año, variedad de caña, etc. pero generalmente se produce un moteado, manchas y quemaduras de punta de las hojas, dentro de los 10 primeros días que siguen a la aplicación. A veces, esto es seguido por amarillamiento o enrojecimiento de las hojas y del cogollo de la planta. En algunos casos aparecen brotes laterales (lajas). Como característica típica de la caña tratada con el madurante, estos brotes no reducen la calidad del jugo.

Otros efectos visibles pueden incluir la desecación de las hojas, la inhibición del crecimiento de las espigas, acortamiento de los entrenudos superiores o terminales y engrosamiento de los nudos (11).

D. Efecto de la época de aplicación de madurantes

La aplicación de madurante tiene mayor efecto cuando se hace al final del período de desarrollo del cultivo, sin que éste haya alcanzado un estado avanzado de maduración fisiológica. En la mayoría de las variedades cultivadas en la zona, esto ocurre entre los 10 y los 12 meses de edad. Aplicaciones después de los doce meses tienen una respuesta menor, debido a que a esta edad el cultivo tiene una mayor madurez obtenida naturalmente (11).

E. Efecto del madurante en el crecimiento de la caña de azúcar

El crecimiento promedio de la caña es de 8 cm en cada semana en el período de rápido crecimiento lo cual depende del clima, la variedad, el suelo y las prácticas

culturales. Después de los diez meses de edad, cuando la caña inicia su proceso de maduración, el ritmo de crecimiento disminuye y normalmente puede ser de seis centímetros por semana. Si al cultivo se le aplica madurante, el ritmo de crecimiento disminuye aún más, y se registran valores de cuatro centímetros por semana. El madurante aplicado en las dosis adecuadas no debe detener completamente el crecimiento. El hecho de causar un efecto drástico en el crecimiento no implica necesariamente un aumento mayor en la concentración de sacarosa. Se han evaluado madurantes que al aplicarlos detuvieron completamente el crecimiento, sin embargo no produjeren ningún efecto madurante (11).

F. Efecto del madurante en la producción

La aplicación de madurante puede incrementar la producción de azúcar hasta en un 25%, pero para lograrlo es indispensable provocar una disminución en el ritmo de crecimiento del cultivo, de tal forma que se almacene una mayor cantidad de sacarosa en el tallo. Desde el momento de aplicación con dosis adecuadas de madurante, hasta las seis o doce semanas, las plantas presentan un crecimiento entre 10 y 25 centímetros menor a los que tendrían sin aplicación. Si esto tuviera un efecto directo en la producción de caña, podría esperarse una disminución entre 3% y 8% debido a la acción del madurante, sin embargo deben tenerse en cuenta dos factores importantes; primero, parte del mayor crecimiento de las plantas sin madurante se debe al mayor desarrollo del cogollo, el cual se deja en el campo al momento de la cosecha, mientras los cogollos de las plantas tratadas con madurantes son más cortos, y segundo, a acción del madurante incrementa apreciablemente el contenido de sacarosa en el tercio superior del tallo, lo cual justifica hacer el corte mas alto al momento de la cosecha. El contenido de sacarosa en el tercio superior de los tallos en cultivos sin aplicación de madurante es muy bajo.

Por las dos razones anteriores expuestas, las aplicaciones de madurante no tienen porqué afectar la producción de caña si el descogolle se hace en forma adecuada al momento de cosechar, inclusive se puede esperar una mayor producción de caña en

cultivos aplicados con madurante, si se tiene en cuenta que hay disponible una mayor cantidad de tallo útil que se puede enviar a la molienda (11).

G. Efecto del madurante sobre la altura de corte

La altura de corte o descogolle de la caña, la debe definir el rendimiento en azúcar que tengan los últimos entrenudos cercanos al cogollo verdadero. El valor mínimo de rendimiento está determinado por la cantidad de azúcar recuperable que permita al menos pagar los costos de corte, alce, transporte y procesamiento. No es rentable moler porciones de tallo que tengan rendimientos inferiores a 5.5%, valores que pueden cambiar de un ingenio a otro, de acuerdo con la variación no solo de los costos mencionados, sino también del mismo valor de la caña.

La aplicación de madurante eleva el rendimiento de los últimos entrenudos y en evaluaciones realizadas en cultivos donde hubo una buena respuesta, se pudo descogollar de tal forma que no quedó tallo adherido al cogollo y en cultivos donde la aplicación no tuvo una respuesta tan buena, se descogolló con dos entrenudos del tallo adheridos al cogollo. Esto equivale a dejar en el campo 6 toneladas por hectárea de caña aproximadamente. En cultivos de caña donde no se aplica madurante es necesario descogollar con cinco entrenudos del tallo adheridos al cogollo, que equivale a dejar 17 Ton/ha de caña en el campo.

Por lo tanto, la aplicación de madurante permite en los casos mencionados aprovechar entre 11 y 17 Ton/ha. De caña adicional, cantidad que compensa y supera cualquier merma en el tonelaje por disminución del crecimiento de los tallos que por efecto del madurante se pueda presentar. El concepto de altura de corte que involucra las ideas anteriores, no es tan fácil llevarlo a la práctica, pues el rendimiento de los últimos entrenudos varía dependiendo de las condiciones de cultivo tales como la variedad, edad de corte, clima y respuesta al madurante (11).

2.4.1.5 Efecto de las hormonas vegetales sobre el crecimiento

Las plantas, tienen un número de hormonas que controlan su etapa vegetativa (crecimiento) y su etapa reproductiva (desarrollo). En las plantas se conocen cinco clases principales de hormonas (auxinas, ácido abscísico, etileno, giberelinas y citocininas), y se continúa buscando el reconocimiento para dos nuevas hormonas: el ácido salicílico y el ácido jasmónico. Entre éstas, el ácido giberélico (GA), solo o en combinación con otras hormonas, es la responsable del crecimiento de la planta, debido a que entre sus funciones está el control de la elongación celular.

Las células se expanden cuando ocurren dos eventos: La presión ejercida por el agua al interior de la célula que presiona contra una pared celular que es suficientemente elástica, induciéndola a expandirse y se produce nueva pared celular para soportar este crecimiento. Si la síntesis de la pared celular o la presión interna se reducen, el crecimiento se reduce o detiene. Esta es la razón por la cual el déficit de agua o las bajas temperaturas reducen el crecimiento o detiene. Esta es la razón por la cual el déficit de agua o las bajas temperaturas reducen el crecimiento de las plantas al causar que la pared celular y los componentes internos no se produzcan en forma rápida así reducen la expansión celular. De igual forma, el estrés hídrico reduce la presión interna dentro de la célula, tornándola flácida y sin capacidad de expansión. La forma como el ácido giberélico promueve la elongación celular es por medio de su acción sobre cierto grupo de enzimas ubicadas a nivel de membrana celular que por su acción alteran el pH de la pared celular y la "aflojan" permitiendo la expansión debida a la presión interna del agua.

Las posibilidades de bloquear la síntesis del GA es lo que ha permitido a la industria de agroquímicos el desarrollo de los denominados reguladores sintéticos del crecimiento. Los productos desarrollados como reguladores del crecimiento bloquean el proceso de biosíntesis de GA, inhibiendo una o varias enzimas en el proceso, como resultado de lo cual se disminuye la cantidad de esta hormona en el tejido vegetal y por tanto se controla la elongación celular y el crecimiento de la planta.

Las principales hormonas que controlan el crecimiento y el desarrollo de las plantas son auxinas, etileno, ácido abscísico, giberelinas y citocininas (3).

A. Efectos de las auxinas

La presencia de una sustancia de crecimiento que afecta el alargamiento de los coleóptilos de avena fue intuida por Charles Darwin, al final del siglo diecinueve. Fritz Went, en Holanda en 1920, efectuó experimentos que probaron definitivamente la existencia de una sustancia difusible que estimula el alargamiento celular, y en la década de 1930 se conoció la estructura e identidad de la auxina: el ácido indolacético (abreviado IAA).

La auxina se sintetiza característicamente en el ápice del tallo (en el meristemo terminal o cerca de él) y en tejidos jóvenes (por ejemplo, hojas jóvenes) y se mueve principalmente hacia abajo del tallo. Tiende pues a formar un gradiente desde el ápice del tallo hasta la raíz. Sus actividades incluyen tanto estimulación (principalmente alargamiento celular) como inhibición del crecimiento, y la misma célula o estructura puede exhibir respuestas opuestas dependiendo de la concentración de IAA. Además, los diferentes tejidos responden a concentraciones muy diferentes: las raíces son estimuladas a concentraciones inferiores a las que estimulan los tallos, en varios órdenes de magnitud.

Como resultado de estos patrones de actividad, el gradiente de IAA encontrado en las plantas puede producir gran variedad de efectos en el desarrollo, desde la supresión de yemas laterales o tallos secundarios, a la estimulación del alargamiento del tallo o raíz en diferentes partes de la planta. Además, la auxina, actuando sola o en concierto con otras hormonas, estimula o inhibe otros eventos, que van desde las reacciones enzimáticas individuales hasta la división celular y formación de órganos. Así que sus efectos son muchos y diversos, y uno de los mayores problemas en fisiología vegetal es llegar a entender cómo una molécula pequeña y relativamente simple como el IAA puede tener tantos efectos diferentes y cómo se coordina esta aparente confusión de efectos misceláneos con el control ordenado del crecimiento y desarrollo.

Uno de los grandes problemas con las hormonas es su ensayo. Por lo general están presentes en cantidades minúsculas y son muy difíciles de detectar o caracterizar químicamente. Se han desarrollado muchos bio-ensayos para las auxinas. En uno de ellos se mide el grado de curvatura en el coleótilo de avena después de la aplicación asimétrica de cubos de agar con extractos o sustancias de difusión de una planta, utilizando los fenómenos observados por Darwin, y empleados por Went en sus experimentos. Otros ensayos utilizan el efecto estimulante de la auxina en el alargamiento de pedazos de coleótilo o secciones de tallo (generalmente de los epicótilos de plántulas etioladas de chícharo) o el enroscamiento de los extremos de secciones hendidas de tallo de chícharo. Las auxinas pueden separarse por cromatografía y detectarse por bio-ensayo de extractos sacados de un cromatograma o por reacciones químicas. Los procedimientos cromatográficos son muy favorables porque los bio-ensayos frecuentemente no son específicos y no distinguen entre IAA y otras sustancias que tengan actividad auxínica o similar a la de la auxina (3).

B. Efectos del etileno

El etileno es un compuesto simple, gaseoso, que provoca un amplio rango de respuestas en las plantas. Se produce en las hojas, donde actúa energicamente induciendo o promoviendo senilidad, y en los frutos, donde afecta en gran medida el proceso de maduración. El etileno también causa o reproduce muchos de los efectos de formación de la auxina. Su síntesis es fuertemente estimulada por ésta y se ha sugerido que muchos de los efectos de malformación de la auxina, particularmente en la raíz, se deben realmente a la producción de etileno causada por el estímulo auxínico. También puede afectar o interferir con la respuesta normal a la auxina, así que es posible que haya complejas interacciones de ambas sustancias de crecimiento (3).

En lo que respecta a la síntesis y distribución de las giberelinas parecen sintetizarse en muchas partes de la planta, pero más especialmente en las áreas en activo crecimiento como los embriones o los tejidos meristemáticos o en desarrollo. Se transportan con facilidad en la planta moviéndose aparentemente en forma pasiva con la corriente de transporte por el floema o por el xilema. Una parte considerable de las giberelinas de la planta puede encontrarse ligada o compartimentada e inactiva en un momento dado.

La rápida producción de giberelinas que ocurre en las semillas en germinación es, probablemente, una liberación de giberelina ligada y que fue sintetizada mucho antes, quizá durante el periodo de frío que a menudo necesitan las semillas para germinar, o poco después. Su síntesis está auto-controlada por retroacción inhibiendo la giberelina la oxidación del kaureno.

Se conocen varios compuestos sintéticos que impiden la acción de las giberelinas, entre los que se incluyen los bio-estimuladores como el AMO-1618, CCC (cloromequat) y fosfón-D.

El alargamiento que produce el ácido giberélico (GA) en las células y del tallo un efecto similar al del IAA pero no idéntico. Aquel actúa en muchos tejidos en los que el IAA es inefectivo o inhibitorio y viceversa, En algunos tejidos, si se aplica primero IAA, el GA tiene un efecto pobre; pero, si el GA se aplica primero, el IAA tiene un efecto estimulante del alargamiento, mayor de lo normal. Esto sugiere que la acción de la giberelina ocurre en algún sitio que precede a la acción de la auxina en la secuencia de reacciones que llevan a la estimulación del crecimiento por alargamiento. Dado que por lo menos algunos de los efectos del IAA tienen que ver con la síntesis de proteínas, el GA podría actuar al nivel de la inducción enzimática o de la transcripción del DNA (ver más adelante). Lang ha demostrado que el GA estimula la división celular en el ápice del tallo así como el alargamiento del tallo. Sin embargo, este puede ser un efecto subsidiario el efecto sobre el alargamiento celular es el principal. El metabolismo de los ácidos nucleicos está involucrado claramente; el GA acelera la síntesis de RNA. De hecho, el GA aumenta la

C. Efectos del ácido abscísico

A pesar de su nombre este compuesto parece tener más participación en el mantenimiento del letargo que en la abscisión de las hojas. Fue descubierto independientemente por el fisiólogo británico P.F. Wareing y su grupo, y por un grupo americano bajo la dirección de F.T. Addicott; le llamaron dormina y abscisina II, respectivamente. El ácido abscísico (ABA), como se denomina ahora, parece inducir el letargo en las plantas perennes y en los árboles, y causa o mantiene el letargo en muchas semillas. El ABA parece contrarrestar el efecto de la gibberelina en algunas plantas y su estructura es algo similar a la de dicha hormona. También induce el cierre de los estomas (3).

D. Efectos de las gibberelinas

Estos compuestos se descubrieron cuando se encontró en el Japón que los extractos de un hongo patógeno (Gibberella fujikuroi) que ataca al arroz duplican los síntomas de la enfermedad. La característica de ésta es el alargamiento excesivo de los entrenudos que causa el acame o vuelco de los tallos, y la acción principal de las gibberelinas es promover el alargamiento. Muchas plantas enanas o "achaparradas" (por ejemplo, mutantes enanos de maíz, chícharo o frijoles enanos o "achaparrados") crecen altas cuando se les suministran cantidades mínimas de gibberelina. Las gibberelinas también toman parte en la floración y el "encañe" que la precede en las plantas con hábito de roseta, en ciertas fases de la germinación de la semilla, en el rompimiento del letargo y en varios efectos formativos. También interactúan en sus efectos con otras hormonas A diferencia de las auxinas, las gibberelinas parecen moverse libremente por toda la planta y su patrón de transporte y de distribución no es polar como el de la auxina.

Ahora se conocen muchas gibberelinas; todas tienen la misma estructura básica del ácido gibbélico, pero difieren en la naturaleza de varias cadenas laterales o sustituciones. Las hay diferentes en las diversas plantas, y aunque muchas de ellas producen resultados similares se conocen varios efectos específicos según la especie o el compuesto.

síntesis del RNA en los núcleos aislados; es razonable suponer que esto se relaciona con su mecanismo de acción (3).

E. Efectos de las citocininas

Durante muchos años se supo que para que se dividan las células en cultivos de tejidos u órganos se necesitan sustancias solubles de varios orígenes.

Las citocininas no parecen ser tan móviles en la planta como las giberelinas y las auxinas. Además de estimular la división celular intervienen un amplio rango de respuestas.

El descubrimiento de las citocininas parte de la observación de que los compuestos que contienen adenina pueden modificar la expresión del desarrollo. Esto llevó al descubrimiento de la 6-furfurilaminopurina o cinetina por F. Skoog y C.O. Miller en un hidrolizado de DNA de esperma de arenque.

Todas las citocininas naturales como sintéticas, son derivados de la adenina. Las citocininas no se mueven en la planta con tanta facilidad como las giberelinas y auxinas; sin embargo, hay evidencia de que se forman en las raíces y se transportan a las hojas y tallos. El fisiólogo alemán L.E. Engelbrecht descubrió que plantas de tabaco a las que se les suprimieron las raíces envejecen rápidamente y la presencia de éstas o la adición de cinetina impiden la senescencia. Experimentos hechos con muchos tejidos diferentes han confirmado ampliamente este fenómeno. La hormona parece transportarse por el xilema; hay cierta evidencia de que la citocinina se mueve hacia la fuente de auxina al igual que otros nutrientes y que el carbono fijado en la fotosíntesis. Sin embargo debe notarse que muchos experimentos han demostrado que cuando la citocinina se aplica a una hoja o a un tejido, no se mueve sino que permanece donde se aplicó.

La efectividad de las citocininas para *prevenir la senescencia* cuando se aplican a hojas cortadas o a discos de hoja se descubrió desde hace tiempo y ha sido la base de

diversos bio-ensayos. El efecto integral probablemente es el resultado de por lo menos dos acciones bastante diferentes de la citocinina. Se sabe que previenen la formación de enzimas hidrolíticas como nucleasas y proteasas así que interfieren con la desintegración de los polímeros. Esto previene los cambios de degradación que se cuentan entre las principales características de la senescencia. El otro factor que actúa para prevenir la senescencia es que las citocininas causan una inmovilización de *los nutrientes o bien son transporte a las áreas tratadas con estas hormonas*. Este fenómeno fue investigado por los fisiólogos alemanes K. Mothes y L. Engelbrecht, quienes mostraron que no solo previene la pérdida de nutrientes sino que causa el transporte de nutrientes aplicados o endógenos al sitio donde se aplicó.

Una citocinina que se ha empleado en la actualidad es el Cloruro de N,N-dimetilpiperidinio (Cloruro de mepiquat), la cual ha presentado buenos resultados como se expusieron anteriormente sobre la senescencia de los cultivos (3).

a. Cloruro de Mepiquat (CM)

A través de la manipulación que el hombre ha sometido en un proceso de biosíntesis de las giberelinas se han desarrollado los denominados bio-estimuladores sintéticos del crecimiento. En el caso particular del Cloruro de Mepiquat, este producto mostró actividad en la planta de algodón y por su efecto sobre la síntesis de giberelinas, inhibe la elongación de las células del tallo. Este producto fue descubierto en los años 1970 mientras los científicos examinaban varias moléculas que restringían el crecimiento y a partir de ellas efectuaron modificaciones químicas que resultaron en el Cloruro de Mepiquat (Cloruro de N-N-dimetil-piperidinum).

Este método de búsqueda de compuestos activos a partir de otros había resultado muy exitoso en otros casos con productos agrícolas como insecticidas y herbicidas, dando origen a los que más adelante se llamaron las familias de productos (familia de los piretroides, familia de las triazinas, etc.), en las cuales se conserva una estructura química básica, pero se cambian algunos enlaces, se adicionan algunos radicales y se encuentran

nuevos productos con una actividad biológica mejor que sus antecesores. En la familia de las antigiberelinas, se desarrollaron con éxito otras moléculas para ornamentales, frutales y cereales menores (Cicocel, Amo, Fosfón-D, etc.).

La dificultad en el diseño de nuevos reguladores sintéticos del crecimiento ha sido encontrar un producto que inhiba la síntesis de giberelinas, sin inhibir la formación de otros compuestos importantes para la vida de las plantas. Esto debido a que la ruta a través de la cual se sintetizan las giberelinas es común para otros compuestos como carotenoides, clorofila, esteroides, etc. Un bloqueo en el punto equivocado, en vez de producir una regulación del crecimiento puede causar la muerte de la planta, lo cual resultaría en la fabricación de un herbicida en vez de un regulador de crecimiento. En el caso del CM, la inhibición ocurre en un punto tal en el proceso de biosíntesis, que no se presentan efectos adversos sobre las plantas de algodón.

Weaver citado por Calderón Bran (5) reporta los siguientes inhibidores que son usados en la actualidad; Cloromequat; el SADH o ácido succínico y el ABA o ácido abscísico.

El Cloruro de Mepiquat es un retardante del crecimiento que en la actualidad es utilizado en gran escala en el cultivo del algodón y en menor escala en los cultivos de ajo y cebolla; para reducir la altura de la planta de algodón y para aumentar el peso y tamaño de ajos y cebollas.

Rojas citado por C. Bran (5), menciona que en la actualidad se prueban una gran variedad de cultivos y situaciones agrícolas diferentes, varios bio-estimuladores que modifican en general la fisiología de la planta. El más interesante es el Cloromequat o CCC, que induce en los cereales un tallo más corto y grueso, mayor número de macollas, hojas más verdes y en general mayor resistencia a la sequía, al acame y a las heladas. También se utiliza en floricultura, aplicándolo en las hojas en algunos experimentos ha probado ser de gran utilidad pero aun esta sujeto a experimentación en muchos cultivos y en diferentes países.

El CM se comercializó primero en California en 1981. Sus características son: Es un bio-estimulador del crecimiento sistémico, el cual es absorbido esencialmente a través de las hojas de donde es trasladado a todas las partes de la planta. Reduce el crecimiento vegetativo indeseable; la mayor retención de frutos en las ramas que puede dar lugar a una maduración más temprana y por consiguiente a un mayor rendimiento. Su nombre abreviado es Cloruro de Mepiquat, mientras que su nombre químico es Cloruro de 1,1-dimetilpiperidinio. El Cloruro de mepiquat es bajo en toxicidad (categoría IV), reportan que la dosis letal aguda en ratas es de 1420 mg/Kg así mismo tiene una baja toxicidad para la flora y fauna silvestre y algo muy importante es que no es dañino para las abejas. Produce en la planta los efectos como: color más oscuro en las hojas, reducción de distancia entrenudos, mejor retención de frutos y acelera la maduración.

En el suelo es metabolizado a dióxido de carbono. Las hojas de la planta de algodón pueden absorber cerca del 50% de la cantidad aplicada durante las primeras dos horas. En las siguientes ocho horas después de la aplicación, del 70 al 90% del producto ha penetrado la planta. La adición de surfactantes puede acortar este período a cuatro horas y proveer protección contra las lluvias.

Es móvil dentro de la planta, se mueve tanto hacia arriba, con la corriente transpiratoria a través del xilema, como también tiene movilidad vía floema hacia el punto donde se requiera desde las hojas a los órganos de demanda, razón por lo cual se han desarrollado productos comerciales de aplicación foliar y radicular. En cualquier forma que se aplique el CM se distribuye a través de la planta, pero la mayor concentración se alcanza en los puntos de crecimiento, como las hojas jóvenes en expansión, las ramas y los entrenudos (5).

i. Efectos a nivel celular de la planta

La aplicación de CM altera la concentración de GA en las células debido a su parcial inhibición de una de las enzimas involucradas en la biosíntesis de ácido giberélico.

Debido a que el GA cumple varias y tiene muchos efectos en la planta, la completa inhibición de su síntesis no es conveniente y sería de resultados catastróficos para la planta, razón por la cual la dosis de aplicación es de suma importancia para obtener los resultados deseados. Por fortuna, la acción del CM no inhibe por completo la síntesis de GA. Como se explicó antes, el GA actúa en la célula favoreciendo su elongación, por lo cual las plantas en las cuales se inhibe su síntesis, no alcanzan a desarrollar su tamaño normal, apareciendo como más pequeñas y con un contenido celular más concentrado.

En el caso de las células foliares y del tallo en la planta de algodón, la aplicación de CM induce un menor crecimiento en las células, reduciendo la longitud de los entrenudos y el tamaño de las hojas. El menor tamaño de las células foliares ocasiona una mayor concentración de clorofila lo que le da a la planta tratada un color verde oscuro. Aun cuando el CM se distribuye a través de toda la planta, sus efectos sólo se producen en las células nuevas en proceso de crecimiento.

El tamaño de las células formadas y expandidas previamente a la aplicación del CM no se altera. Debido a que la síntesis de GA no se inhibe en su totalidad, la planta continúa creciendo y como consecuencia, la concentración; interna de CM se reduce por dilución en el tejido vegetal. Con esta dilución, los puntos de crecimiento reanudan su actividad normal. Por esta razón, si las condiciones ambientales continúan favoreciendo el crecimiento, puede ser necesaria una segunda aplicación del producto para mantener la planta en el tamaño deseado.

La aplicación del cloruro de mepiquat en plantas de algodón altera la concentración de ácido giberélico de sus células.

ii. Efectos a nivel de la planta

Una de las observaciones más rápidas que ocasiona la aplicación del CM es su efecto sobre la altura de la planta. Debido a la reducción en la expansión de las células del tallo, los entrenudos son más cortos y las plantas presentan menor altura que las plantas no tratadas. Así mismo, debido a la inhibición de la expansión en las células de las hojas, éstas se aprecian más pequeñas. Este ha sido el efecto más consistente observado en todos los experimentos y es el resultado general de la inhibición ejercida por el producto sobre la expansión celular a través de su acción sobre la síntesis de GA. En experiencias prácticas se ha encontrado por ejemplo que cuando se aplica una dosis de 400 ml al momento de la floración, el CM reduce la altura final de la planta en 8-15%. Este control de la altura es directamente proporcional a la dosis utilizada.

De otro lado, el menor tamaño de las células en las plantas aplicadas con CM ha resultado en un 5 a 10% de reducción en el índice de Área Foliar (IAF). A pesar de que las hojas de las plantas tratadas con CM son más pequeñas, también son más gruesas debido a un incremento en el número de capas de células que se desarrollan. Las hojas más gruesas y las células más pequeñas, dan a las plantas de algodón tratadas con CM un color verde oscuro más concentrado. Como resultado general, el peso seco de las ramas y los tallos se reduce en aproximadamente el 20%. Esta reducción en la cantidad de biomasa dedicada a la fabricación de estructuras vegetativas deja disponible una cantidad de energía que la planta (y el agricultor) puede capitalizar para mejorar la retención de estructuras y la producción.

La aplicación de CM, según se reporta en la literatura, ha tenido efectos tanto positivos como negativos sobre la retención de estructuras, dependiendo de la posición de los frutos en la planta. En general, la aplicación de CM mejora la retención de estructuras en los nudos inferiores de la planta. En la parte intermedia, la retención no se altera y en la parte superior, la retención se reduce. La zona de máximo efecto del CM ocurre hasta el nudo 12. En esta zona (nudos 6 a 12 o primeras 6 ramas fructíferas), la aplicación de CM

incrementa la retención de cápsulas en 15%. Por encima de este punto (nudo 13 y superiores) la retención de cápsulas por efecto del CM se reduce en 18%. Estos efectos son el resultado del cambio ejercido por el producto sobre la estructura de la planta y la disponibilidad de energía extra para dedicar a los frutos.

Se han postulado varias hipótesis para explicar los efectos del CM sobre la retención de cápsulas en la parte inferior de la planta. Una de ellas plantea que hay incremento en la penetración de la luz hacia los estratos inferiores de la planta debido a la reducción en el tamaño, de las mismas, lo cual resulta en un mejor ambiente para mantener los niveles de fotosíntesis en la hoja subtendida.

La penetración de la luz hacia los estratos inferiores según medidas tomadas en cultivos establecidos, es 20% superior que en los cultivos no tratados, a la segunda y tercera semana después de la aplicación. La segunda explicación es el incremento en el suplemento de carbohidratos para las cápsulas en la medida en que el CM limita el crecimiento de las hojas y el tallo. La aplicación de CM limita el desarrollo de estructuras vegetativas permitiendo que una mayor cantidad de carbohidratos se destine a los frutos.

La reducción en la retención en la parte superior de la planta se debe a que el incremento en la carga de cápsulas en la parte inferior de la planta, formada más temprano, impone una mayor necesidad (demanda) de carbohidratos, pero coincide con una reducción en la expansión foliar y en la fotosíntesis general de la planta. La habilidad del algodón para mantener la retención depende del balance que la planta haga entre la carga de cápsulas y la capacidad de las hojas para suministrar carbohidratos. En momentos en que la planta detecta un balance negativo, las cápsulas formadas en la parte inferior tendrán una mayor preferencia, en detrimento de la retención en la parte superior.

Quizás uno de los efectos más importantes de este bio-estimulador, es que consigue una considerable reducción del crecimiento vegetativo, según la media de varias

aplicaciones hechas en el cultivo del algodón, indican un promedio de reducción de alturas de un 21%; haciendo innecesaria la despuntada de las plantas, así mismo el espacio entre surcos se mantiene abierto, evitando el enredo de las ramas de surco a surco, facilitando la recolección del fruto; la penetración de insecticidas y fungicidas se ve favorecida.

El Cloruro de Mepiquat no se metaboliza por la planta. Y se cree que el producto actúa en forma antagónica a la giberilina, el primer efecto de la giberilina es producir la elongación de la célula; la floración es un efecto indirecto. Así mismo reduce el tiempo de germinación de las semillas (5).

iii. Efectos a nivel de la madurez

Una de las ventajas de tener una mayor retención temprana de cápsulas es la obtención de una madurez más temprana, lo cual contribuye a una mayor precocidad y a hacer un sólo pase de cosecha. Esta precocidad no sólo se gana debido al cambio en la retención de cápsulas (tardías por tempranas), sino también debido al corte temprano. El ciclo del cultivo, según los experimentos, se puede reducir de 7 a 14 días con la aplicación del CM.

Un cultivo que madura más temprano, abre rápida y de manera uniforme, permitiendo que una mayor proporción de la cosecha se haga en el primer pase (precocidad relativa). Bajo las condiciones de crecimiento de la zona tropical colombiana, en donde la temperatura, y muchas veces la humedad, favorecen la continua emisión de botones florales, la detención del crecimiento por efecto del CM reduce los riesgos de infestaciones tardías de picudo debido a la carencia de su substrato natural (botones florales). En igual forma se reduce la multiplicación de picudo que ocurre al final del cultivo y se controla mejor la población que migra hacia los sitios de refugio.

iv. **A nivel del rendimiento**

El CM no es un producto cuya aplicación esté destinada a aumentar la producción, sino a mejorar la estructura de la planta para manejar el cultivo en forma eficiente. Por esta razón, los efectos del CM sobre el rendimiento son contradictorios y menos consistentes que sus efectos sobre la altura y forma de la planta. Mientras en algunas circunstancias se reportan incrementos en los rendimientos hasta del 10%, en otras no se reportan efectos, y existen reportes en los que inclusive se presentan reducciones. El CM es un producto cuya aplicación se destina a mejorar la eficiencia en el manejo del cultivo y por tanto una respuesta productiva y económicamente rentable depende de las condiciones bajo las cuales se use el producto.

Por lo general, las pérdidas de producción bajo aplicación de CM están asociadas con prevaencia de condiciones adversas para el crecimiento, en donde la aplicación del producto resulta en un estrés adicional para la planta, mientras que incrementos en la producción se asocian con condiciones que favorecen el excesivo crecimiento vegetativo, en donde la energía "extra" de la planta se puede canalizar hacia los frutos. El Valle del Sinú, por sus condiciones de humedad, fertilidad y temperatura favorece el excesivo crecimiento de la planta de algodón y el desgaste de energía (carbohidratos) en estructuras vegetativas que no implican producción. Por lo anterior, el uso del CM encuentra su mejor oportunidad bajo las condiciones del Valle del Sinú, sobre todo porque se podrían incrementar las densidades de población con las variedades actuales, con el fin de capitalizar en la producción una energía disponible en el medio.

v. **Condiciones de uso**

La utilización del CM se recomienda en regiones donde las condiciones ambientales favorecen un crecimiento vegetativo vigoroso por efecto de suelos fértiles, alto régimen de precipitación y alta temperatura. En estas regiones, el exceso de energía disponible en el medio es dedicado por la planta para desarrollar una estructura vegetativa

vigorosa, con alturas que muchas veces superan los 1.80 metros, con un alto número de entrenudos (más de 25), varias ramas vegetativas en los nudos inferiores del tallo, un mayor número de frutos en cada rama, muchas veces inmaduros, un follaje denso y exuberante que favorece la pudrición de cápsulas y el desarrollo de numerosos botones florales en la parte superior y externa de la planta, que luego no puede llevar a maduración.

Todo esto representa una energía que no representa ingresos para el agricultor y que podría ser orientada hacia la fabricación del producto de interés para el agricultor: fibra y semilla. El efecto benéfico que ejerce el CM al reducir el área foliar y el tamaño de la planta, se puede aprovechar en zonas como el Valle del Sinú para sembrar una mayor población de plantas por hectárea, aprovechar la alta fertilidad natural del suelo y capitalizar la energía sobrante. Bajo este sistema se combinan un suelo fértil, una buena disponibilidad de humedad y una alta temperatura, con una mejor utilización de la luz solar incidente y un crecimiento más eficiente de la planta, que dedica una mayor cantidad de energía a la formación de frutos y una menor cantidad al desarrollo de estructuras vegetativas (eficiencia del crecimiento).

También se recomienda la utilización del CM en regiones donde los agricultores siembran tarde con el fin de reducir el ciclo del cultivo y ajustarlo al régimen de precipitaciones. Por el contrario no se recomienda aplicar CM en regiones donde las condiciones ambientales desfavorecen el crecimiento de la planta (suelos pobres, déficit de humedad, bajas temperaturas).

vi. Condiciones en el momento de aplicación

Históricamente la decisión sobre la aplicación o no del CM ha sido complicada para el agricultor debido a las condiciones ambientales cambiantes propias del trópico colombiano. Una de las primeras recomendaciones con respecto a este regulador de crecimiento en los años 1970 establecía la aplicación de un litro de producto comercial por hectárea (50 g de i.a/ha), en el momento del inicio de la floración en el algodón. Sin embargo, esta receta de aplicación es demasiado estática y ha resultado en efectos

negativos sobre el cultivo y reducciones en los rendimientos cuando sobrevienen condiciones de estrés después de la aplicación. El estrés por sí mismo es un regulador natural del crecimiento, reduce el tamaño de la planta, causa senescencia en las hojas y reduce la retención de cápsulas.

Por lo anterior, un control adicional del crecimiento bajo estas condiciones conduce a una menor capacidad de recuperación de la planta una vez sobrevengan mejores condiciones. Esto debido a que el CM reduce la expansión foliar, el crecimiento de ramas y el tallo, de tal forma que en el evento de un estrés las plantas presentan una menor posibilidad de recuperación. Para evitar este problema, los investigadores desarrollaron al final de los años 1980 el sistema de aplicaciones múltiples, de baja dosificación que permite la aplicación secuencial de pequeñas cantidades desde el inicio de la formación de botones florales, bajo condiciones que permitían vislumbrar un excesivo crecimiento.

En caso de sobrevenir una condición ambiental desfavorable, el agricultor podía suprimir aplicaciones futuras y dejar la planta a libre expresión para su recuperación. Con este sistema se le dio mayor flexibilidad a la aplicación del regulador de crecimiento y se evitaron las pérdidas de producción que ocurrían en el pasado. A pesar de esto, la decisión sobre la aplicación del producto bajo este sistema está todavía muy sujeta al criterio visual del asistente técnico o del agricultor. El cloruro de mepiquat se recomienda en condiciones de suelos fértiles, alta precipitación y temperatura que favorecen un crecimiento vegetativo vigoroso de las plantas.

2.4.1.6 Elementos nutricionales de importancia en la maduración

A. Potasio Soluble

El potasio soluble, en su totalidad se encuentra en forma iónica y móvil dentro de la planta. Participa en casi todo los proceso, respiración, fotosíntesis, aparición de clorofila, pero no tiene un papel específico. Se le confiera una participación muy activa en la regulación osmótica e hídrica de la planta, en el mantenimiento de la electro-neutralidad

celular y en la permeabilidad de las membranas. Actúa como activador de un gran cantidad de enzimas de la síntesis proteica y del metabolismo de carbohidratos, y está involucrado muy directamente en el transporte de azúcares vía floema. Puede ser sustituido parcialmente por el sodio y el rubidio (2).

Dentro de los efectos que causa el potasio en la planta están:

- a. Involucrar la eficiencia en la elaboración y movilización de azúcares y almidones.
- b. Estimula el llenado de los granos.
- c. Mejora la calidad de los productos.
- d. Mantiene la turgencia de las plantas.
- e. Evita los efectos severos de la sequía y de las heladas.
- f. Aumenta la resistencia a enfermedades y plagas.
- g. Reduce el volcamiento.
- h. Ayuda a la fijación simbiótica del nitrógeno.

B. Boro

Su papel específico no está totalmente claro, pero afecta a muchos procesos indirectamente. Interviene en el transporte de azúcares pues forma complejos con los átomos de oxígeno libres con los grupos OH presentes en ellos, reduciendo su polaridad y facilitando su transporte a través de las membranas. Participa en la diferenciación celular, en el metabolismo del nitrógeno, en la absorción activa de las sales, en el metabolismo hormonal, en las relaciones hídricas, en el metabolismo lipídico y de ligninas, en el metabolismo del fósforo y en la fotosíntesis (2).

C. Nitrógeno

Es el componente fundamental de todas las moléculas orgánicas involucradas en los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal: aminoácidos (proteínas estructurales y enzimas), ácidos nucleicos, clorofila, citocromos, coenzimas, hormonas, y otros compuestos nitrogenados con funciones variadas (ureicos, amidas, alcaloides, etc.). Por lo

tanto participa activamente en los principales procesos metabólicos; fotosíntesis, la respiración y la síntesis proteica (2).

Dentro de los efectos que causa el nitrógeno en la planta están:

- a. Acentúa el color verde del follaje.
- b. Confiere succulencia a los tejidos.
- c. Favorece el desarrollo exuberante del follaje.
- d. Puede aumentar la susceptibilidad a plagas y enfermedades.
- e. Aumenta el tenor de la proteína.
- f. Propicia al volcado de la planta.
- g. Alarga el ciclo vegetativo de los cultivos.
- h. Retrasa la maduración de frutos.

D. Cloro

Con una única función reconocida actualmente, pero sin duda alguna muy importante, el cloro estimula la fase luminosa de la fotosíntesis. En algunos casos se le asocia al movimiento estomático y a la transpiración de impulsos eléctricos a través de la planta (2).

2.4.1.7 Metodologías para los cálculos de los muestreos de los madurantes aplicados son los siguientes (ver anexo 1)

A. Metodología de campo

- a. Procedimiento muestreo de precosecha
- b. Camiones propios de caña cosechada.

B. Metodología de laboratorio y definiciones

- a. Análisis de azúcares reductores en jugo de cosecha
- b. Análisis de acidez en jugo cosecha
- c. Brix en jugo cosecha

- d. Pol en jugo cosecha
- e. Porcentaje de pureza del jugo
- f. Rendimiento y sus definiciones
- i. Jugo cosecha

Jugo producto del desfibrado y extracción por prensa hidráulica, de la caña ingresada al ingenio, después de ser muestreada por equipo Core Sampler.

- ii. Polarización (Pol)

Solución normal, 100° S equivalen a la rotación óptica de 26 gramos de sacarosa exactos en 100 mililitros de disolución, medidos en tubo de 200 mm y a 20 °C.

- iii. Brix (Bx)

Es el porcentaje en peso de los sólidos disueltos refractométricos, existentes en una solución y medidos por una refractómetro.

- iv. Acidez

Generalmente se conoce como acidez del jugo, la cantidad de ml., de hidróxido de sodio 0.1 N, necesarios para neutralizar 10 ml., de jugo.

- v. Azúcares Reductores

Son azúcares especialmente como glucosa y fructuosa, que están presentes en un producto derivado del proceso del azúcar, y que por su naturaleza jamás podrá ser cristalizado o formase grano, y será únicamente parte de la miel del proceso.

- vi. Refractómetro

Aparato que óptimamente mide el grado brix de una solución.

- vii. Octapol

Nombre común de agente clarificante, libre de plomo.

- viii. Sacarosa:

Compuesto disacárido, denominado azúcar de caña, su fórmula global es $C_{12}H_{22}O_{11}$.

2.4.2 MARCO REFERENCIAL

2.4.2.1 Descripción del área de estudio

A. Localización

La finca los pPatos pertenece a el ingenio Palo Gordo y se localiza en el municipio de Santo domingo, del Departamento de Suchitepéquez, a 22 kilómetros al este de la cabecera municipal del mismo, y a 164.5 kilómetros de la ciudad capital.

a. Ubicación geográfica (Meridiano de Green Wich)

El casco de la finca se encuentra en las coordenadas; Latitud norte 14°23' 24" y Longitud oeste 91 °29'57"

b. Altura sobre el nivel del mar

El casco de la finca los Patos se encuentra aun altura de 100 msnm.

B. Clima

a. Temperatura máxima 30.5-34.6 °C

b. Temperatura media 25.2-29.0 °C

c. Temperatura mínima 23.3-27.7 °C

C. Zona de vida

La zona de vida se encuentra representada en el mapa por el símbolo bmhS (c), que significan Bosque Muy Húmedo Subtropical (cálido), la localización y extensión en Guatemala es la más extensa (en la costa sur una franja de 40 a 50 kilómetros de ancho llevar desde México hasta Oratorio y santa María Ixtahuatán) ocupando el primer lugar en usos, la sala de vida muy húmeda subtropical incluyen, como en la húmeda, dos segmentos a los que para diferenciarlos mejor, se les agregó una (c) para la zona baja donde la biotemperatura es obtenida por medio de los cálculos utilizando también

temperaturas que sobrepasan los 30°C, y una (f) para la zona de mayor altura donde las temperaturas medias son iguales a las biotemperaturas. El patrón de lluvia varía entre 2136 y 4327 milímetros en la Costa Sur, promediando en 3284 milímetros de precipitación total anual (10).

D. Fisiografía y relieve

El departamento de Suchitepéquez, está conformado por tres divisiones fisiográficas: la de las Montañas Volcánicas, la del Declive del Pacífico y la de Litoral del Pacífico. Para el municipio de Santo Domingo Suchitepéquez, solo se presentan las dos últimas regiones.

La División de Litoral es una llanura que inclina hacia la costa común declive ningún informe de aproximadamente 10 metros por kilómetro. No existe un límite definido entre las divisiones del Litoral y del Declive del Pacífico ya que el material de la sección superior hacia lava hacia la división interior.

El Declive del Pacífico. Se extiende desde la base la Montañas Volcánicas hasta la orilla del Litoral, hasta aproximadamente 150 metros de altitud. Esta región forma un llano cóncavo, caracterizado por declives que disminuyen progresivamente, es de alrededor del 22% en la base de las montañas hasta menos del dos por ciento donde según a la región de Litoral. Está formada una serie de abanicos aluviales, coalescentes compuestos de materiales volcánicos. Los suelos principales en esta parte el departamento son Suchitepéquez, Cutzán, *Mazatenango* y Panán.

Presenta una edad geológica que pertenece al pleistoceno. Las rocas se componen principalmente de Andesita, Basalto, Arenas y Gravas, con una pendiente menor de 8% (17).

E. Suelos

Los suelos de Suchitepéquez según Simmons, Tarano y Pinto (17), pertenecen al grupo II del Declive del Pacífico (124,165 Ha = 49,47 %), al Subgrupo "B" de la Serie Mazatenango "Mz" (27,426 Ha = 10.93 %), con un material de origen volcánico (ceniza de color claro), con un relieve muy suavemente inclinado, con un drenaje interno bueno, con lo que respecta al suelo superficial se presenta una coloración café oscuro a café grisáceo oscuro de una textura superficial franco-limosa friable, con un espesor aproximado de 60 cms. En lo que respecta al sub-suelo presenta un color café de consistencia friable y de textura franco-limosa con un espesor aproximado de 70-80 cms. Para un pH levemente ácido (6.5) a neutro con un riesgo bajo a la erosión.

Algunas de las características de importancia que influencia su uso están; un declive de 2 a 5 %, el drenaje a través del suelo es regular, la capacidad de abastecimiento de humedad es alta, capa que limita la penetración de raíces no existe, peligro de erosión es ligero, fertilidad natural es alta y un problema especial de manejo del suelo es el mantenimiento de materia orgánica. La deficiencia de agua va de diciembre a abril, sobre una altitud que va desde 150 a 240 msnm.

F. Geología

Según el mapa geológico del MAGA, a escala 1:250000, estos suelos pertenecen a rocas sedimentarias de aluviones cuaternarias (12).

2.4.2.2 Madurantes químicos

A. Sal Isopropilamina de glifosato

a. Características

Es un herbicida sistémico, no selectivo de utilización post-emergente, posee una alta capacidad para traslocarse a toda la planta incluyendo rizomas y raíces.

Esta es una molécula hidrosoluble y poco liposoluble que reacciona con aguas duras, no se volatiliza y se absorbe poco en arcillas. Debido a su hidrosolubilidad se mezcla y lava fácil, consiguiéndose una solución homogénea y estable; por no ser liposoluble, su penetración en el tejido vegetal es difícil y se hace necesario la utilización de un surfactante, no se acumula en las grasas, no se bio-acumula ni es absorbido por la piel y se disipa rápido en el agua; por ello, para obtener un buen resultado en su aplicación no debe haber presencia de lluvias antes de 4 horas después de la aplicación. La Sal Isopropilamina de glifosato es una glicina sustituida, lo que confiere características tales como; baja toxicidad, descomposición microbiana rápida y completa y desaparición rápida en el agua.

b. Modo de acción

Es una molécula altamente sistémica que se mueve por el floema y se trasloca por el xilema, la absorción radicular es ineficiente dado que es difícil de fijación en el suelo debido a la presencia del fosfato, por lo tanto no controla semillas, no se acumula, no se lixivia y no contamina las agua.

La Sal Isopropilamina de glifosato actúa sobre la biosíntesis de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina y triptofano), reduciéndole y disminuyendo así la síntesis de proteínas y consecuentemente causa reducción en el crecimiento y muerte de la planta (2).

c. Efecto del glifosato sobre el crecimiento de la caña

El glifosato actúa sobre el punto de crecimiento de la caña, afectando su desarrollo. Este efecto es mayor al aumentar la dosis aplicada. Dependiendo de la dosis y de la edad de la caña al momento de la aplicación, la disminución de la elongación del tallo puede variar entre 8 y 20 cms. Entre más cercano a la etapa de maduración se haga la aplicación o sea cuando ya el crecimiento de la caña disminuye menor será el efecto sobre el desarrollo del tallo (2).

En investigaciones realizadas por Cenasen en Colombia, se determinó que el efecto de la aplicación de Round Up sobre la caña de azúcar comienza a notarse a partir de la tercera semana alcanzando los mayores valores entre las semanas 6 a 8 (2).

d. Efecto de la aplicación del glifosato sobre el desarrollo de la soca siguiente

En los ensayos realizados en Colombia, según Buenaventura (2), no se encontraron efectos adversos producidos por la aplicación de glifosato en la germinación, crecimiento y desarrollo de la soca siguiente cuando se aplicó la dosis de hasta 2.5 lt/Ha. Sin embargo, en aplicaciones comerciales se ha observado algunos efectos fitotóxicos consistentes en hojas albinas y amacollamiento excesivo con tallos delgados de apariencia pastosa.

En plantaciones con mucho volcamiento, la aplicación de glifosato llega directamente a la base del tallo y es posible que se afecte el desarrollo de la soca siguiente, causando fitotoxicidad en cepas asiladas o en sectores del campo, que se recupere posteriormente.

B. Bio-estimulador Compact Plus promotor de maduración de caña de azúcar

a. Descripción

Es un producto regulador de crecimiento vegetal, con acción retardante del crecimiento, el cual es comercializado en formulación líquida y es recomendado para inducir químicamente la maduración de la caña de azúcar.

La utilización de los maduradores en caña es una práctica recomendada para lograr mejorar el contenido de sacarosa en la planta al momento de ser cosechada y mandada al trapiche. La aplicación está dirigida a lograr un incremento en la recuperación de azúcar, elevando y estabilizando el contenido de sacarosa en los cultivares comerciales, y favoreciendo una cosecha ligeramente más temprana. Con el uso de maduradores

químicos se han reportado incrementos en la acumulación de sacarosa del orden del 5 al 10 %, dependiendo de las condiciones ambientales, sanidad y edad fisiológica de las plantas.

b. Composición del Bio-estimulador

Los ingredientes en general, que contiene coadyuvan de manera significativa la acumulación de azúcar en la planta y cada uno de ellos ha sido probado en el cultivo de caña con ese particular objetivo. La suma de los ingredientes y su participación en el metabolismo de las plantas al momento específico de su aplicación hacen que se logre una respuesta más impactante en el incremento en la producción de sacarosa.

i. Silicato de calcio (10.00%)

El Silicato de Calcio incrementa los niveles de Sílice en el tejido favoreciendo un mayor rendimiento de la caña.

ii. Complejo multivitamínico (6000 ppm)

iii. Ácidos fúlvicos (2.00 %)

Los ácidos fúlvicos, favorecen la absorción y traslocación del producto al interior de las plantas.

iv. Diluyentes y acondicionadores (57.00 %)

Son sustancias que presentan la bondad de coadyuvar en la homogenización y adecuada distribución a los ingredientes activos presentes en el producto.

v. Cloruro de Mepiquat (4000 ppm)

El Cloruro de Mepiquat, inhibe o retarda el crecimiento longitudinal de los tallos, induciendo el cargado de azúcares en los canutos.

La aplicación de CM altera la concentración de GA en las células debido a su parcial inhibición de una de las enzimas involucradas en la biosíntesis de ácido giberélico.

vi. Complejo Aminoproteico (4.00%)

Los complejos aminoácido-proteico, y multivitamínico favorecen la expresión genética para la síntesis de las proteínas relacionadas con el proceso de maduración de la caña.

vii. Polisacáridos (5.00%), potasio soluble (K_2O) (20.00%) y boro (1.00 %)

Los polisacáridos, el Potasio y el Boro coadyuvan en el metabolismo para la síntesis y translocación de azúcares a los tallos.

Los polisacáridos están formados por la unión de muchos monosacáridos, de 11 a cientos de miles. Sus enlaces son O-glucosídicos con pérdida de una molécula de agua por enlace.

c. Modo de acción

Actúa como un retardante de crecimiento, regulando la elongación de los tallos y el crecimiento terminal de las cañas, favoreciendo de esta manera la acumulación de sacarosa en los entrenudos y permitiendo un despunte mas alto, ya que con su aplicación se logra rescatar el sub-ápice del tallo (2-4 canutos), los cuales de otra manera no serían aprovechables, alcanzando así una mayor acumulación de azúcar en esa región, en relación con las cañas no tratadas.

La aplicación otorga ventajas en la cosecha al favorecer una maduración y senescencia más temprana del follaje y al permitir un despunte más alto de la caña, lo cual mejora significativamente el rendimiento y aprovechamiento de los tallos. Además su efecto posibilita que disminuya el contenido de materias extrañas (trash) que llegan a la fábrica.

d. Modo de empleo

Este producto se debe aplicar por vía foliar bañando de manera adecuada y dirigida a la región apical (superior) de las plantas de caña. La aplicación debe hacerse

preferentemente por avión, con las dosis más bajas y a bajos volúmenes de agua. Si se tienen las posibilidades y diseño de los lotes adecuados, se puede aplicar con equipo terrestre con las dosis intermedia. En cañas irrigadas con sistemas de riego por aspersión ya sea con cañón o pivote central, el producto puede dosificarse en el agua de riego, inyectándolo al final del ciclo del mismo, y empleando las dosis más altas recomendadas, debido a que la eficiencia en la aplicación, distribución y utilización de los ingredientes activos del producto se ven reducidos.

En cañas regadas con riego por goteo, se puede aplicar el bio-estimulador inyectándolo a través del sistema, a las dosis intermedias, teniéndose un excelente impacto sobre el freno o disminución del crecimiento longitudinal de las cañas, y lográndose una buena acumulación de sacarosa.

Debido al amplio rango de regiones ecológicas y al número existente de variedades comerciales, en las diferentes zonas cañeras del mundo, se sugiere evaluar la respuesta del este bio-estimulador de manera diferenciada, clasificándolas por lo menos en las categorías de tempranas, intermedias y tardías en cada zona.

En cañaverales que se van a renovar, el nivel de exigencia en cuanto a las características de variedad y niveles productivos ya no se constituyen en un factor importante para la decisión de las aplicaciones aéreas. Se deben evitar los tratamientos de cañas plantas, así como en los lotes que presenten riesgos de dispersión del producto a cultivos vecinos, así como cañaverales que serán utilizados para la provisión de caña semilla.

Las mejores respuestas a la aplicación de maduradores químicos se logran realizando las aplicaciones una vez transcurrido el "Período de Crecimiento Vegetativo", esto es, cuando la velocidad y el crecimiento longitudinal del tallo disminuyen significativamente y la maduración natural no se encuentra muy avanzada.

Una de las principales ventajas que ofrece el empleo del regulador respecto a otros maduradores, es su acción específica sobre el cese del crecimiento y elongación del tallo, sin causar efectos o daños colaterales a la cepa, la cual deberá tener toda la potencia para la reiniciación del ciclo productivo. Además se suma el hecho de que no afecta negativamente la actividad metabólica y fisiológica de las hojas, haciendo que la fotosíntesis y acumulación de azúcares continúen durante las últimas semanas, logrando de esta forma un importante incremento en el rendimiento final del cañaveral.

Para las aplicaciones foliares y aspersiones terrestres, se sugiere la adición de un buen surfactante no iónico, a razón de 200 ml / Ha., el cual favorece una respuesta más uniforme al madurador.

e. Dosis de aplicación

Como se puede observar en el cuadro 2.1, la dosis del bio-estimulador va a depender del tipo de variedad, es decir si es una variedad temprana se aplicará una dosis baja y si es una variedad tardía se aplicará una dosis alta, así como el momento sugerido de aplicación.

Cuadro 2.1: Dosis del Bio-estimulador, dependiendo del fenología de la variedad.

Dosis bajas (1 Lt / Ha)	Dosis medias (1.5 Lt /Ha)	Dosis altas (2 Lt /Ha)
Variedades tempranas Inyecciones en el goteo Cañas de bajo vigor	Variedades intermedias Aplicaciones terrestres Cañas de Vigor medio	Variedades Tardías Cañas con Vigor excesivo Cañas con Altas fertilizaciones de Nitrógeno Riegos por aspersión con cañón y pivote central
Momento de aplicación		
6-8 Semanas antes de la cosecha	8 Semanas antes de la cosecha	8-10 Semanas antes de la cosecha o realizar 2 aplicaciones de 1 Lt a las 8 y 10 semanas antes de cosecha respectivamente

La suspensión del riego y de la adición de nitrógeno, así como los días cortos favorece el proceso de maduración. Sin embargo se sugiere que en caso de suspender estas prácticas se haga, preferentemente después de los tratamientos con el madurador y no mucho antes, ya que un buen nivel de hidratación en los tejidos favorece la absorción y traslocación de los productos aplicados.

2.4.2.3 Características de la variedad CP72-2086

Las variedades CP62-374 y CP63-588 son los precursores de la variedad CP72-2086.

A. Características morfológicas

a. Tallo

Son de diámetro mediano entre 25 a 30 mm, en la mayoría de plantaciones tanto en platillas como socas; por su longitud es caña alta pues supera fácilmente los tres metros en sus tallos molederos. En los tejidos jóvenes es de color amarillo verdoso en la porción protegida y verde claro en la expuesta. Cuando madura todos los tallos de las orillas son de color amarillo con algunos parches grises a negros. Alcanza poblaciones de 12-14 tallos molederos por metro lineal (6).

b. Entrenudo

Son medianos pues predominantemente su longitud alcanza los 14 cm; rugosos por la presencia de cera. De forma conoidal. Carece de parches corchosos así como de estrías y no tiene canal de yema (6).

c. Nudo

Hendido y conoidal. Su color cuando joven es amarillo claro y cuando madura varía de amarillo a verde dependiendo de su grado de exposición al sol (6).

d. Anillo de crecimiento

Es protuberante y ancho. De color amarillo cuando joven y amarillo bronceado cuando madura (6).

e. Yema

Varia de ovada a pentagonal con aletas estrecha. Su localización con respecto al anillo de crecimiento y en relación a la cicatriz foliar está al ras. Su relieve es bajo durante todo el desarrollo de la caña, su tamaño es pequeño. El poro germinatorio es sub-apical. Su adherencia es bastante (6).

f. Hoja

Erecta punta curvada, de mediana longitud de unos 163 cm y de ancho mediano unos 5.3 cm. De textura gruesa, áspera y coreácea. Sus márgenes son bastante aserrados y moderadamente cortantes. De color verde claro (6).

g. Aurícula, collar y lígula

La aurícula externa es transicional y la interna es deltoidea. Así mismo el collar es deltoidea Cuando tierno es de color café amarillento hacia el borde y rojizo hacia la vena central, y en los jóvenes es amarillo cafésoso hacia el borde y amarillo verdoso hacia la vena central (6).

h. Flor

Normalmente es de moderada a abundante su tendencia a la floración. Sólo bajo condiciones muy especiales de terrenos en la costa con meses muy claros y luminosos de Agosto y Septiembre, se ha observado ser inhibida a florear en absoluto. De las características más sobresalientes para su identificación en el campo, es de color de violáceo a rosado abundante en las vainas que se hace mas notable según avanza la plantación hacia la madurez, presentándose también en la parte basal de los tallos emergidos en plantillas y en socas (6).

B. Características agronómicas

La maduración natural, va ha depender las condiciones del suelo donde se encuentra planta, puede considerarse para ser cosechada naturalmente a inicios de zafra,

en suelos con tendencia a secar temprano, o llegar hasta el segundo tercio tardío hasta el 20 de Febrero, sin perder la calidad y si la humedad del suelo se lo permite.

La floración, es moderada a abundante mayor del 85 % en altitudes de 0-600 msnm, con porcentajes de encorchamiento hasta del 30 % en la porción superior del tallo.

Posee una alta respuesta a maduradores ya que se han registrado incrementos de sacarosa por unidad de área de hasta 37 % a inicios de zafra. Los rendimientos de azúcar registrados en su momento óptimo de cosecha alcanzan las 220 a 250 libras por tonelada de caña. Bajo condiciones de buena fertilidad, humedad y adecuado control de plagas, ha demostrado potencial para alcanzar rendimientos de 130 TM / Mz.

Es una variedad susceptible al virus del mosaico de la caña de azúcar (VMCA) a niveles del 30 %. En zonas secas y con canículas prolongadas se ha visto bastante susceptibilidad a la raya roja *Xanthomonas rubrilneas*. Se ha observado leve incidencia al carbón (*Ustilago scitaminea*) de 0.46 % en plantaciones de segundo y tercer corte.

Tiene adaptabilidad universal para todos los suelos, que van desde 0 a 500 msnm, con excepción de suelos que carecen de demasiada humedad.

A la hora de la siembra se han observado los mejores resultados cuando se colocan 8 yemas por metro lineal siendo posible utilizar el sistema de siembra en cadena sencilla sin traslape (6).

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 General

Evaluar el efecto de dos madurantes: bio-estimulador y glifosato, en el rendimiento de la caña de azúcar, aplicados en la variedad CP72-2086, en la finca Los Patos, en Santo Domingo, Suchitepéquez.

2.5.2 Específicos

1. Determinar la cantidad en kilogramos de azúcar por tonelada de caña producida.
2. Determinar si uno de los madurantes evaluados va incrementar las toneladas de caña producida por hectárea.
3. Determinar la concentración de grados Brix., de los productos aplicados.
4. Determinar el porcentaje de Pol que se obtendrán de los madurantes aplicados en la caña de azúcar.
5. Obtener el porcentaje de la Pureza que presenten los madurantes.

2.6 HIPÓTESIS

Ho: La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad CP 72-2086, no presentará una respuesta positiva en incremento de rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada, por la aplicación de los madurantes químicos del tipo herbicida glifosato y del tipo no herbicida bio-estimulador.

Ha: Uno de los madurantes producirá efectos significativos en la acumulación de sacarosa en el cultivo de caña de azúcar.

2.7 MATERIALES Y MÉTODOS

2.7.1. Material experimental

2.7.1.1 Material vegetal

Para la ejecución de la investigación se utilizaron parcelas experimentales de caña de azúcar de la variedad CP72-2086, ya que es una de las variedades más cultivadas en la región cañera de la costa sur del país, pues presenta buenas características agronómicas y especialmente buenos rendimientos, de gran interés para los ingenios.

2.7.1.2 Productos evaluados

- a. Bio-estimulador
- b. Glifosato

2.7.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloque al azar con sub-muestreo, con 7 repeticiones, y 3 tratamientos incluyendo al testigo absoluto. Lo cual da un total de 21 unidades experimentales.

2.7.2.1 Modelo estadístico

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij} + n_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña producida, tonelada de caña por manzana, crecimiento, yemas laterales, y cantidad de azúcares reductores en los jugos.

U = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

B_j = Efecto de j-ésimo bloque

E_{ij} = Error asociado al i-ésimo tratamiento y al j-ésimo bloque

n_{ij} = Error de muestreo asociado al i-ésimo tratamiento y al j-ésimo bloque

2.7.3 Descripción de los tratamientos

Para la determinación del efecto de la aplicación de madurantes sobre el rendimiento en kilogramos por tonelada métrica caña, en el cultivo de caña de azúcar var. CP72-2086 se describen en el cuadro 2.2.

Cuadro 2.2: Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Producto	Dosis
1 (X_1)	Testigo Absoluto	Sin aplicación
2 (X_2)	Glifosato	1.01lts / ha.* (540 g/ha)
3 (X_3)	Bio-estimulador	1.43 lts / ha.*

*Dosis establecida por la gerencia.

2.7.3.1 Características de la unidad experimental

A. Parcela bruta

Cada unidad experimental estuvo formada por una parcela de 80 metros de ancho por 150 metro de largo para 1. 18 hectáreas (1.72 manzanas). Con 54 surcos separados a 1.5 metros cada uno. Con cinco rayones de 16 metros cada uno.

B. Parcela neta

La parcela neta se tomó el tercer rayón, que comprende 11 surcos, y así, evitar el efecto deriva. Con un área de 2400 metros cuadrados que equivale a 0.24 hectáreas (0.34 manzanas), de 16 metros de ancho con 150 metros de largo.

2.7.4 Variables evaluadas

Para evaluar el efecto que ejerció cada uno de los productos, se tomaron dos tipos de variables calidad de jugo y rendimiento, de la siguiente manera:

2.7.4.1 Variables de calidad de jugo

- A. Grados Brix (° Brix).**
- B. Porcentaje de Pol del jugo.**
- C. Porcentaje de pureza del jugo.**

2.7.4.2 Variables de rendimiento

- A. Kilogramos de azúcar por tonelada métrica de caña producida.**
- B. Toneladas métricas de caña por hectárea.**

2.7.5 Análisis de la información

2.7.5.1 Análisis estadístico

Para el análisis de la información recopilada se elaboraron matrices de datos de las variables evaluadas, como el rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña, toneladas de caña por hectárea y calidad de los jugos, para luego someterlas a un análisis de varianza y una posterior prueba de medias de Tukey de encontrarse diferencia significativa entre los tratamientos que se describió a continuación (14):

2.7.5.2 Análisis económico

Para cada tratamiento se elaboró un presupuesto parcial, ya que este solo considera aquellos costos que varían entre tratamientos. Este presupuesto consideró los rendimientos promedio ajustados, el precio por tonelada vendida como proveedor, el beneficio bruto, los costos que varían y el beneficio neto. Seguidamente se realizó un análisis de dominancia para seleccionar los tratamientos que sobresalían del resto, tomando como base el mayor beneficio neto y el menor costo que varía. Se calculó la tasa marginal de retorno (TMR), para determinar cuáles presentaban las mejores opciones.

2.7.6 Manejo del Experimento

Primero se procedió a la delimitación y trazo de la parcela total, así como la parcela neta, esto se hizo con la ayuda de una cinta métrica. Posteriormente se colocaron unas estacas de aproximadamente 2 metros de altura en los linderos de la parcela.

Luego se marcaron las áreas de los surcos a muestrear con una dimensión de 10 metros de largo por 9 mt. De ancho según Álvarez Caja (1) se marcaron con cinta de nylon de diferente color unos 120 tallos por unidad experimental, para lograr medir las diferentes variables. La aplicación se realizará por vía aérea, con la ayuda de un helicóptero, que presenta 16 metros de ancho de faja, con boquillas XR 8003, distanciadas a 35 centímetros, para un total de 46 boquillas, con una capacidad de 100 galones.

2.7.6.1 Frecuencia de muestreo

Para medir el efecto de los tratamientos, se realizaron dos muestreos para las variables de calidad de jugos y tres para la variable rendimiento en precosecha, de la siguiente manera el primero 15 días después de la aplicación aérea, el segundo 30 días después del primer muestreo donde se tomaron de 4 a 5 tallos por unidad experimental, y el tercer muestreo una semana antes de la cosecha (a 56 DDA) llamado corsampler.

DDA=días después de la aplicación

2.7.6.2 Metodología

A. Fase de campo

- a. Un mes antes de iniciar el muestreo se realizó la localización de puntos sistemáticamente en el pante, tratando de que la misma sea de sur a norte, luego se realizó una brecha sin cortar la caña de la orilla hacia adentro, ubicando el punto a 25 metros y dejando un mínimo de 25.5 metros (17 surcos) de la orilla.
- b. Se ubicó un punto de muestreo por cada 5 manzanas, a los lotes o pantes que tenían menos del área indicada, solo se les designó un punto de muestreo.
- c. En cada punto de muestreo se tomó 5 tallos al azar aptos para molienda, cada tallo fue tomado de un surco diferente, teniendo entonces como sub-muestra 5 surcos y 5 tallos muestreados. Es necesario mencionar que cada tallo fue cortado desde el primer entrenudo visible hasta el último entrenudo superior visible o aprovechable (sin punta).
- d. Los tallos se sacaron a la orilla del pante para dividirlos en 2 o más partes tratando de tener tallos de 60 centímetros de largo.
- e. Con los tallos de 60 centímetros se hicieron paquetes, amarrados con rafia o pita los cuales se sujetaron en cada extremo de los tallos.
- f. El muestreo de grados Brix se determinó de dos maneras, la primera de ellas se realizó directamente en el campo con un refractómetro manual de masa, posteriormente se extrajo jugo de los tallos, doblando los mismo y depositando el jugo aproximadamente 1 ml sobre la plaqueta de escala de medición de grados brix del aparato.
- g. La Segunda forma obtención de grados brix, se realizó, con los paquetes de tallos ya elaborados por el muestreador, a los cuales se les procedió a su identificación, la cual se realizó por el jefe de grupo con tarjetas previamente fabricadas con cartulina de 3.5 centímetros de ancho por 5.5 centímetros de largo. La tarjeta se amarró en un extremo del paquete y conteniendo la siguiente información: Finca, código, lote, número de muestra, fecha y muestreador.
- h. Las sub-muestras fueron transportadas al laboratorio del ingenio, y fue aquí donde se ordenaron en base al lote, de esta forma se logró tener una muestra por lote formada por las sub-muestras obtenidas de los pantes.

B. Fase de laboratorio

- a. Por medio de un molino cubano se le extrajo el jugo a la muestra, este se recibió en un recipiente donde se mezcló severamente, luego se extrajo una muestra de 300 ml. en un vaso plástico.
- b. Luego continuo la fase de laboratorio, donde se realizó un análisis de sólidos solubles (porcentaje de Brix), utilizando un refractómetro de masas, para lo cual se tomo 100 ml. de jugo en un vaso plástico o beackers, y se filtró en el colador.
- c. Se colocó en la unidad óptica del refractómetro agua destilada para verificación de cero (Calibración del equipo).
- d. Se colocó en la unidad óptica del refractómetro el jugo filtrado necesario para hacer la determinación del brix descartando los primeros 25 ml.
- e. Se activó el instrumento y se hizo lectura del porcentaje de brix; que se necesitaba para ingresarlo a la computadora.
- f. A parte de la información que se obtuvo, al personal del laboratorio se le pido que realizara los análisis siguientes (se describen detallados abajo):
- g. Después se determinó la sacarosa presente en el jugo extraído de la muestra por medio del un Polarímetro, del jugo de la muestra se tomó 200 ml de jugo en un vaso plástico.
- h. Luego se adicionó aproximadamente 4 gramos de subacetato de plomo o su equivalente (octapol) lo necesario para hacer una buena clarificación.
- i. Se agitó el jugo hasta obtener una buena mezcla (aproximadamente 2 minutos)
- j. Se filtró el jugo mezclado desechando los primeros 25 ml.
- k. Se colocó en cero el polarímetro utilizado agua desmineralizada (Calibración del equipo).
- l. Se llenó el polarizador con el jugo filtrado y se hizo lectura del valor que marcó el instrumento para luego ingresarlo a la computadora.
- m. Luego de llevadas las muestras al laboratorio se le realizaron los siguientes análisis detallados a continuación así (ver anexo 1)
- n. Grados Brix (sólidos solubles).
- ñ. Análisis de sacarosa (Pol).
- o. Porcentaje de pureza del Jugo.

p. Muestreo (Coursampler) y envasado.

i. Rendimiento de toneladas de caña por hectárea

La medición de toneladas de caña por hectárea se realizó al momento de la cosecha, contando la totalidad del área de las parcelas y se llevaron cortadas y transportaron en jaulas al ingenio y se pesaron por separado en la báscula principal.

2.8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.8.1 Calidad de los jugos

Trascurridas dos semanas después de la aplicación de los madurantes, se procedió a la realización del primer muestreo de las unidades experimentales aplicadas, donde elaboraron un análisis de varianza para cada variable y su posterior prueba de medias que fuesen necesarias.

2.8.1.1 Grados Brix

Según el análisis de varianza para la variable grados Brix en el primer muestreo realizado, se acepta la hipótesis nula (H_0) ya que el valor de F calculado fue menor que el F tabulado lo cual indica que los dos madurantes que se aplicaron no presentaron diferencias significativas en los grados Brix. Esto se debió al corto tiempo que existió entre la aplicación y el muestreo de tallos, ya que no fue el periodo necesario para que el producto inhibiera el crecimiento filológico apical y se diera la acumulación de azúcares en los entrenudos (ver Cuadro 14 A).

Para el segundo muestreo tampoco se presentó que los tratamientos poseen medias estadísticamente iguales por lo cual no se les practicó ninguna prueba de medias y por lo tanto se aceptó la hipótesis nula. Esto se confirma como se muestra en el cuadro 2.3, donde nos indica que todos los tratamientos pertenecen al mismo grupo (ver cuadro 2.15 A).

Cuadro 2.3: Asignación de categorías a los tratamientos en la prueba de Tukey en el segundo muestreo de la variable Grados Brix.

Madurante	Grupo
X ₃	A
X ₂	A
X ₁	A

2.8.1.2 Porcentaje de Pureza

Como se puede observar en el cuadro 2.16 A de la variable Pureza del primer muestreo indicó que se acepta la hipótesis alternativa (H_a), ya que el valor de F_c es mayor que F_t , por lo tanto existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, debido a que los madurantes provocaron un cambio interno a nivel de la calidad de los jugos de caña puesto que la aplicación de madurantes se ve reflejada principalmente en esta sobre este cambio interno, dando como resultado muestras con menos jugos más concentrados. Entonces habiendo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados se realizó una prueba de medias de Tukey.

Como se puede observar en el cuadro 2.4 el efecto de los madurantes de la caña de azúcar bio-estimulador y el glifosato, manifestaron diferencias significativas entre sí, proporcionando de esta manera un mejor resultado a favor de el Bio-estimulador (más 1.76 %), por consiguiente comparando el Glifosato contra el testigo no presentaron ninguna diferencia estadística, por el contrario al contrastar el bio-estimulador con respecto al testigo si presentó una diferencia significativa estadísticamente, lo cual se pudo observar en la diferencia de medias que fue de 2.3 a favor del bio-estimulador y que estaba por arriba del comparador que es de 1.77, puesto que la pureza se manifiesta por la relación existente entre el % de solutos presentes en el jugo de caña de azúcar y la proporción de cristales de sacarosa en ese jugo, por lo tanto esta acumulación de cristales se pudo deber a la acción ejercida por el cloruro de mepicuat presente en el producto y el beneficio del potasio soluble que se adiciona para una fácil asimilación por parte de la

planta, el cloruro de mepicuat tiene la bondad de inhibir momentáneamente la función de elongación de las células del tallo dado por la presencia de las hormonas giberelinas, por otro lado el potasio soluble le confiera una participación muy activa en la regulación osmótica e hídrica de la planta, en el mantenimiento de la electroneutralidad celular y en la permeabilidad de las membranas. Actúa como activador de un gran cantidad de enzimas de la síntesis proteica y del metabolismo de carbohidratos, y está involucrado muy directamente en el transporte de azúcares vía floema, por lo tanto estos beneficios se ven manifestados a la hora de concentrar esa energía en los entrenudos en forma de sacarosa (ver figura 2.4 A).

Cuadro 2.4: Asignación de categorías a los tratamientos en la prueba de Tukey, para la variable Pureza (muestreo 1).

Tratamiento	Grupo
X ₃	A
X ₂	B
X ₁	B

En lo que respecta al segundo muestreo como se puede observar en el cuadro 2.18 A, significa que los tratamientos no poseen significancia estadísticamente es decir son iguales por lo tanto se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la nula por lo cual no se les practicó ninguna prueba de medias (ver figura 2.4 A).

2.8.1.3 Porcentaje de Pol

Los resultados obtenidos en el cuadro 2.19 A, indican que se rechaza la hipótesis nula, puesto que la Fc es mayor que la Ft, por lo tanto los madurantes aplicados tuvieron efectos estadísticamente significativos en la variable Pol en el primer muestreo, ya que uno de los tratamientos presentó mayor concentración de cristales de sacarosa es decir

mayor polarización en el jugo clarificado en el laboratorio previamente extraído de los tallos muestreados. Entonces para definir que tratamiento presentó mejor resultado se realizó una prueba de medias de Tukey (ver figura 2.4 A).

Con respecto a los resultados obtenidos en la prueba de medias de la variable Pol, el bio-estimulador manifestó diferencia significativa superior al testigo y el glifosato, a la hora de la determinación de la Pol con la ayuda del polarímetro dando así 1.32 más que el testigo y 0.71 más que el glifosato (ver cuadro 2.5).

A diferencia el glifosato comparado con el testigo no manifestó diferencia significativa, debido a que pudo darse un consumo de sacarosa de los entrenudos y lo manifestado no fue significativo, pero si se presentó un incremento de 0.61 % más que el testigo (ver figura 2.3 A).

Cuadro 2.5: Asignación de categorías a los tratamientos en la prueba de Tukey (muestreo 1), para la variable Pol.

Madurante	Grupo
X ₃	A
X ₂	B
X ₁	B

De acuerdo con el cuadro 2.21 A, para los resultados, existe diferencia significativa para la variable Pol, por lo tanto se realizó una prueba de medias para confirmar que tratamiento es el mejor (ver cuadro 2.6).

Cuadro 2.6: Asignación de categorías a los tratamientos en la prueba de Tukey, para el segundo muestreo de la variable Pol.

Madurante	Grupo	
X ₃	A	
X ₂	A	B
X ₁		B

A treinta días después del segundo muestreo y como se puede apreciar en el cuadro anterior la caña, tratada con bio-estimulador presenta mejor efecto en lo que se refiere a la cantidad de cristales de sacarosa presente en el jugo ya que mostró una diferencia de 0.98 % de Pol mayor que el testigo y 0.14 arriba del glifosato (ver figura 2.3 A).

2.8.2 Rendimiento

2.8.2.1 Rendimiento en precosecha de kilogramos de azúcar por tonelada métrica de caña

El cuadro 2.7 confirma la diferencia que se manifestó en el ANDEVA, por lo tanto nos da a conocer que el bio-estimulador ya dio una respuesta significativa de los kilogramos de azúcar por tonelada de caña (139.73), mayor que el testigo (128.73), pero similar al del glifosato (134.87), como también nos dice que el glifosato no es significativo comparándolo con el testigo (ver figura 2.2 A).

Cuadro 2.7: Asignación de categorías a los tratamientos en la prueba de Tukey para la variable Rendimiento del primer muestreo.

Madurante	Grupo	
X_3	A	
X_2	A	B
X_1		B

Como era de esperar a la sexta semana de haberse aplicado los madurantes ya haya marcado una diferencia significativa, comparado con el testigo, dado así que el bioestimulador presenta ser más eficiente en la acumulación de sacarosa puesto que presenta una diferencia de 7.33 kg. a su favor, con lo que respecta el glifosato solo presenta 5.55 kilogramos más que el testigo no siendo así significativa.

Lo manifestado en el cuadro 2.27 A nos da a conocer, que al menos uno de los tratamientos es altamente significativo a la hora de acumulación de sacarosa por lo que se hace necesario la realización una prueba de medias para determinar que tratamiento es el mejor (ver cuadro 2.8).

Cuadro 2.8: Asignación de categorías a los tratamientos en la prueba de Tukey (muestreo 2), para la variable rendimiento Kg. de azúcar /TM de caña.

Madurante	Grupo	
X ₃	A	
X ₂	A	B
X ₁		B

Como es de esperar a 8 semanas de haber aplicado los madurantes, se hace evidente que los kilogramos de azúcar por tonelada de caña producida son bien marcadas, como los presenta el cuadro 2.9, en el cual el testigo presentó el menor porcentaje de acumulación de sacarosa abajo de 9.92 % que equivale a 139.22 kg./TM con respecto al que tiene mayor acumulación de 154.55 kg./TM, pero también el glifosato presenta un mayor porcentaje de acumulación de sacarosa que el testigo que es de 7.25 % que corresponde a 10.90 kg. / TM.

Cuadro 2.9: Asignación de categorías a los tratamientos en la prueba de Tukey, para la variable rendimiento en libras de azúcar por tonelada métrica de caña tomada en el tercer muestreo.

Madurante	Grupo
X ₃	A
X ₂	B
X ₁	C

2.8.2.2 Rendimiento en cosecha de kilogramos de azúcar por toneladas métricas de caña

En el cuadro 2.10 se da a conocer el total de azúcar envasado por tratamiento, en el que el glifosato presentó un mayor rendimiento en comparación con el testigo y el bio-estimulador que fue de 7.95 y 2.59 kg./Ton respectivamente, en lo que respecta a toneladas por hectárea el bio-estimulador manifestó un mayor rendimiento 2.46 y 19.79 en comparación del glifosato y testigo respectivamente, lo cual se pudo deber a que el bio-estimulador dio una mejor altura de corte con respecto al punto de quiere natural (ver figura 2.5 A).

Cuadro 2.10: Datos de resumen del rendimiento de toneladas de caña, kilogramos de azúcar por tonelada, toneladas de caña por hectárea y kilogramos de azúcar por hectárea.

Producto	TM	Envasado (Kg. de azúcar /Ton)	TM / Ha	Kg. Azúcar/ Ha
Testigo	1710	91,69	79,12	7254,23
Bio-estimulador	2149	97,05	98,91	9598,83
Glifosato	1578	99,64	96,45	9609,65

2.8.3 Análisis económico

En el cuadro 2.11, se aprecia el presupuesto parcial elaborado para los tratamientos constituidos por la modalidad de aplicación de madurante, se utilizaron las

medias de producción (toneladas de caña / hectárea) respectivas. Los datos de rendimiento (kilogramos de azúcar / tonelada de caña) son correspondientes a cada tratamiento, los costos de aplicación de madurante, precio de tonelada de caña y costos de cosecha, fueron obtenidos del ingenio azucarero y constituyen los costos promedios de aplicación para la zafra 2004-2005 en dicha empresa.

Cuadro 2.11: Presupuesto parcial de los tratamientos en el ensayo.

No.	Descripción de tratamiento	Ton. De caña / ha	LATC	Costos variables de aplicación (Q.)	Beneficio bruto (Q.)	Costo cosecha (Q.)	Beneficio neto real (Q.)
1	Testigo	79.12	201.72	0	9895.25	4456.04	5439.22
2	Glifosato	96.45	219.2	131.3	13107.94	5432.06	7675.88
3	Bio-estimulador	98.91	213.5	173.8	13092.72	5570.61	7522.11

Costo de aplicación de glifosato 540 g/ha.	=	Q.131.3 /hectárea
Costo de aplicación de bio-estimulador	=	Q.173.8 /hectárea
Precio por tonelada de caña (como proveedor)	=	Q. 0.62 / libra de rendimiento
Precio de la cosecha	=	Q.56.32 /Tonelada

Como se puede observar en el cuadro 2.11, el tratamiento que presenta el mayor beneficio neto real es el glifosato, a pesar de no demostrar el menor costo variable, no obstante el testigo sin aplicación es el que exhibe el menor costo variable siguiéndole el glifosato y por último el bio-estimulador aunque con un beneficio neto mejor que el testigo sin madurante.

En el cuadro 2.12 se puede observar que la dominancia de los tratamientos, corresponde al glifosato.

Cuadro 2.12: Análisis de dominancia de los tratamientos evaluados.

No.	Descripción de tratamiento	Costos variables de aplicación (Q.)	Beneficio neto real (Q.)	Dominancia
1	Testigo	0	5439.22	Dominado
2	Glifosato	131.3	7675.88	No dominado
3	Bio-estimulador	173.8	7522.11	Dominado

En el cuadro 2.13, se presenta el resultado de la Tasa Marginal de Retorno (TMR) de los tratamientos evaluados, como se puede notar, la TMR que se presenta para cada madurante es positivo, es decir, que existen ganancias al incrementar esta práctica, puesto que por cada Q. 1 que se invierte se gana Q. 17.03 para el glifosato, y para el bio-estimulador por cada Q. 1 que se invierte se obtiene una ganancia de Q. 11.98. Por lo tanto la diferencias de las ganancias de los dos madurantes es de Q 5.05 más que se obtiene a favor del madurante de acción herbicida glifosato.

Cuadro 2.13: Calculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR) de los tratamientos evaluados.

No.	Descripción de tratamiento	Costo marginal (Q.)	Ingreso marginal (Q.)	TMR %
1	Testigo	0	0	0
2	Glifosato	131.3	2236.66	17.03
3	Bio-estimulador	173.8	2082.89	11.98

2.9 CONCLUSIONES

- A. En la precosecha el rendimiento de azúcar en kilogramos por tonelada de caña con respecto al testigo se incrementa de 139.22 kg. a 154.55 kg. de azúcar, la diferencia es de 15.33 kg. Con el uso del bio-estimulador.
- B. La utilización de bio-estimulador mejora la calidad de los jugos puesto que aumenta su pureza de 93.76 a 96.06 %, comparando con el testigo, siendo esta de 2.3 % más. Y comparándolo con el glifosato, presenta una diferencia de 1.76 % a favor del bio-estimulador.
- C. Los grados Brix no presentan tanta relevancia ya que sus diferencias no son significativas entre los madurantes.

- D. Comparando los dos madurantes el glifosato, mostró un diferencia de 4.44 kg. De azúcar por tonelada en la precosecha menos que el bio-estimulador, es decir que el producto que presento mejor resultado en acumulación, fue el bio-estimulador, que equivale al 2.87 %.
- E. La variable Pol tuvo una tendencia a disminuir desde la semana dos hasta la seis variando así de 1.32 a 0.98 % respectivamente, en comparación del bio-estimulador versus el testigo, con una diferencia estadísticamente significativa para el bio-estimulador. Por el contrario el glifosato, no manifestó una diferencia significativa en relación con el testigo.
- F. La aplicación de madurantes al momento de la cosecha en el ensayo se puede decir que fue rentable, pues aumento su beneficio neto real en Q. 2236.66/Ha al aplicar Sal Isopropilamina de glifosato en 1.01 litros por hectárea cultivada. Al aplicar 1.43 litros por hectárea del bio-estimulador se obtiene un beneficio neto real de Q. 2082.89/Ha.

2.10 RECOMENDACIONES

- A. Deben de realizarse pruebas similares a nivel semi-comercial y comercial, para corroborar los resultados obtenidos en el presente ensayo y poder emitir recomendaciones más puntuales.
- B. Realizar ensayos semi-comerciales con el bio-estimulador de la caña de azúcar para determinar su rendimiento y compararlos con los madurantes tradicionales.
- C. Efectuar un estudio de madurantes de acción no herbicida para determinar cual presenta el mejor rendimiento en el incremento de kilogramos de azúcar por tonelada de caña y así mismo realizar monitoreos y muestreos en espacios de tiempo más cortos de cual es la semana óptima ventana próxima a corte.

- D. Debe de tenerse cuidado al momento de cosechar los ensayos con madurantes químicos, pues la altura de corte (despunte) de los tallos es un factor que influye mucho en la producción por unidad de área.

2.11 BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez Cajas, VM. 1982. Determinación del tamaño óptimo de parcela experimental en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), bajo condiciones de la finca Bulbuxyá. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 49 p.
2. Bertsch Hernández, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, CR, ACCS. 157 p.
3. Bidwel, RG. 1979. Fisiología vegetal. México, AGT. p. 421- 426, 608, 610-619.
4. Buenaventura, C. 1986. Control de la maduración de caña de azúcar. Memorias. Ed. por Carlos Buenaventura. Cali, Colombia, Tecnicaña. p. 299-308.
5. Calderón Bran, LF. 1990. Disminución del crecimiento vegetativo en el cultivo de okra (*Hibiscus esculentus*) en presencia de días largos, mediante una combinación de nitrógeno y cloruro de mepiquat. La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, URL. p. 14-20,48-50.
6. Caña de azúcar: variedades promisorias y de fácil despaje. 2002. El Salvador, Artes y Letras. 60 p.
7. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación en la Caña de Azúcar, GT). 2005. Zafra 2004-2005. Boletín de Producción no. 8:22p.
8. Chávez Solera, MA. 1981. La maduración, su control y la cosecha de la caña de azúcar. Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. 40 p.
9. Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. New York, US, Columbia University Press. 1262 p.
10. Cruz, JR De La. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.

11. González Ruano, NA. 1996. Efecto del glifosato, fluazifop-butil, azufre y sulfato de potasio en la calidad y rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Tiquisate, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 79 p.
12. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala a escala 1:250000. Guatemala. Color. 1CD.
13. Nájera, BG. 1992. Diagnostico del manejo y funcionamiento de la sección de madurantes e inhibidores de la floración en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la Empresa Pantaleón S.A. en Escuintla. Diagnóstico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 48 p.
14. Ortiz Garzo, JM. 2003. Evaluación de tres productos químicos a tres dosis aplicados como madurantes en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el departamento de Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 80 p.
15. Reyes Castañeda, P. 1978. Diseños de experimentos aplicados. 2 ed. México, Trillas. p. 104-111,130-137,315-342.
16. Sáenz Soto, JO. 2004. Experiencias en la optimización de la maduración inducida en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 59 p.
17. Simmons, CH; Táran, JM; Pinto, JH. 1958. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. p. 265-294.
18. Trujillo, R. 1994. Situación del uso de madurantes en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla. Diagnostico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 30 p.
19. Villegas, TF; Archila, AJ. 1995. Uso de madurantes. *In* Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, CO. 1994. El cultivo de la caña de la zona azucarera de Colombia. Colombia, Feriva. 335 p.
20. Yon Quiyuch, MA. 1999. Efecto de dos madurantes sobre el rendimiento de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) aplicados en estado de floración, en Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 43 p.
21. Zagrociencias, CU. 2001. El cultivo de la caña de azúcar (en línea). Consultado 10 mar 2006. Disponible en <http://www.zagrociencias.gob.cu>



No. 30. Rolando Barrios

2.12 ANEXOS

Anexo 1: Metodología para el muestreo y análisis de laboratorio del rendimiento de los madurantes:

A. Campo camiones

a. Equipo:

Muestreador core sampler.

Cubeta para muestra.

Muestreo

b. Frecuencia:

Se debe muestrear el 50%, o sea un camión si y otro no del mismo frente, esta información la trae el Ticket de bascula.

c. Punto de muestreo:

Se muestrea abajo del equipo Core Sampler.

d. Encargado:

Muestreador de caña.

e. Procedimiento:

Los encargados de cosecha en el campo le proporcionan un ticket de envió a los pilotos de los trailers o caminos que contiene la siguiente información siguiente; No. de lote donde es extraída la caña, la fecha, No. De trasporte, No. De remolque (jaula). Luego los pilotos transportan la caña hacia el ingenio y al entrar al mismo le proporcionan este ticket a un encargado de la báscula que pesa al trasporte por completo al entrar y luego al salir para determinar así por medio del destarado el peso total real de la caña en toneladas. Así mismo a cada transporte se le extrae una muestra por medio un equipo llamado core simple, en el cual con un brazo largo barrenador perfora a la caña que aun esta en el transporte y extrae una muestra, que luego se pasa por un desfibrador y al final esta muestra ya es lista para ser ingresada a el laboratorio para sus respectivos análisis (Brix, Pol, Pureza y Rendimiento, para la realización de todos estos análisis no se acumulan muestras y se realiza el análisis directo).

B. Campo pre-cosecha

Se realiza la localización y ubicación de los puntos de muestreo por cada 5 Ha. y a los lotes que presentaban menos de esa área solo se le asigno un punto de muestro. Luego de se toma la muestra de 5 tallos al azar aptos para molienda, cada tallo fue tomado de un surco diferente, teniendo entonces como sub-muestra 5 surcos y 5 tallos muestreados. Es necesario mencionar que cada tallo fue cortado desde el primer entrenudo visible hasta el último entrenudo superior visible o aprovechable (sin punta). Después los tallos se sacaron a la orilla del pante para dividirlos en 2 o más partes tratando de tener tallos de 60 centímetros de largo. - Con los tallos de 60 centímetros se hicieron paquetes, amarrados con rafia o pita los cuales se sujetaron en cada extremo de los tallos. Al final se procedió a la identificación y transporte de los paquetes al laboratorio y fue aquí donde se ordenaron en base al lote, de esta forma se logró tener una muestra por lote formada por las sub-muestras obtenidas de los pantes.

C. Laboratorio

- a. Las muestras colectadas en el campo son, identificadas colocando etiquetas de cartulina, para evitar confusiones.
- b. Cada una de las muestras es llevada a la picadora de caña (desfibradora), donde son molidas para extraer el jugo de cada una.
- c. De cada muestra ya picada se extrae el jugo, utilizando una prensa hidráulica, sometiendo el picado a una presión de 2500 PSI (libras/pulg.²), para extraer de esta forma la mayor cantidad de jugo posible.
- d. El jugo es utilizado para determinar: °Brix, Pol, Pureza y azúcares reductores y en base a dichos datos calcular el rendimiento en kilogramos de azúcar/Tonela de caña.
- e. Metodología para el análisis de sólidos solubles (Brix):

La escala de grados brix indica la cantidad total de sólidos solubles expresados en porcentaje en una solución. La escala de grados Brix de referencia es tomada a una temperatura de 20°C, por lo cual la lectura debe de corregirse si se hace a una temperatura diferente.

i. Materiales y equipo**Refractómetro manual****Varilla de agitación****ii. Procedimiento**

1. Con una varilla de agitación, se agitó el jugo contenido en un recipiente de 500 ml, y luego se tomo unas gotas y se colocará en el refractómetro manual.
2. Luego se tomó la lectura del refractómetro (esta lectura no representa el Brix exacto de las muestras).
3. Para poder determinar el Brix exacto se utilizaron las formulas siguiente;

$$\% \text{ Brix} = \text{Brix del refractómetro} \times 0.8925$$

f. Análisis de sacarosa (Pol):**i. Materiales y equipo**

1. Papel filtro
2. Polarímetro
3. Subacetato de plomo

ii. Procedimiento

1. Primero se midió un volumen de 200 ml de jugo.
2. Luego se agregó una cucharada de subacetato de sodio en un recipiente de 300 ml mas los 200 ml del jugo, seguidamente se agitó para homogeneizar la mezcla y se filtra.
3. Después se tomó el filtrado, el cual se utilizó para determinar el Pol, con la ayuda del Polarímetro.
4. Para obtener el resultado del Pol únicamente se tomó la lectura que da el Polarímetro en cada muestra, teniendo en cuenta que, una lectura de 100 en el polarímetro representa un 26 % de sacarosa.
5. Previamente antes de tomar las lecturas el polarímetro se calibra con un cristal de cuarzo y se tomó la temperatura a la cual se encuentra para así poder determinar el Pol real. La fórmula para el Pol es la siguiente:

$$\% \text{ de Pol} = [(\text{Pol del polarímetro} \times 0.2354) + 504] \times 0.8581$$

g. Porcentaje de pureza del Jugo

La pureza del jugo se determinó mediante la relación siguiente:

$$\% \text{ de pureza del jugo} = \frac{\% \text{ de sacarosa}}{\text{lectura corregida de grados Brix}}$$

Para determinar esta variable se utilizó una muestra de 500 gramos de caña, tomados al azar, luego se sometió a una presión de 2500 lbs, después determinó el peso de bagazo y por diferencia de pesos se estimó el porcentaje de jugo en la caña de azúcar.

h. Muestreo (Corsampler) y envasado

i. Rendimiento de toneladas de caña por hectárea:

La medición de toneladas de caña por hectárea se realizó al momento de la cosecha, contando la totalidad del área de las parcelas y se llevaron cortadas y transportaron en jaulas al ingenio y se pesaron por separado en la báscula principal.

ii. Procedimiento

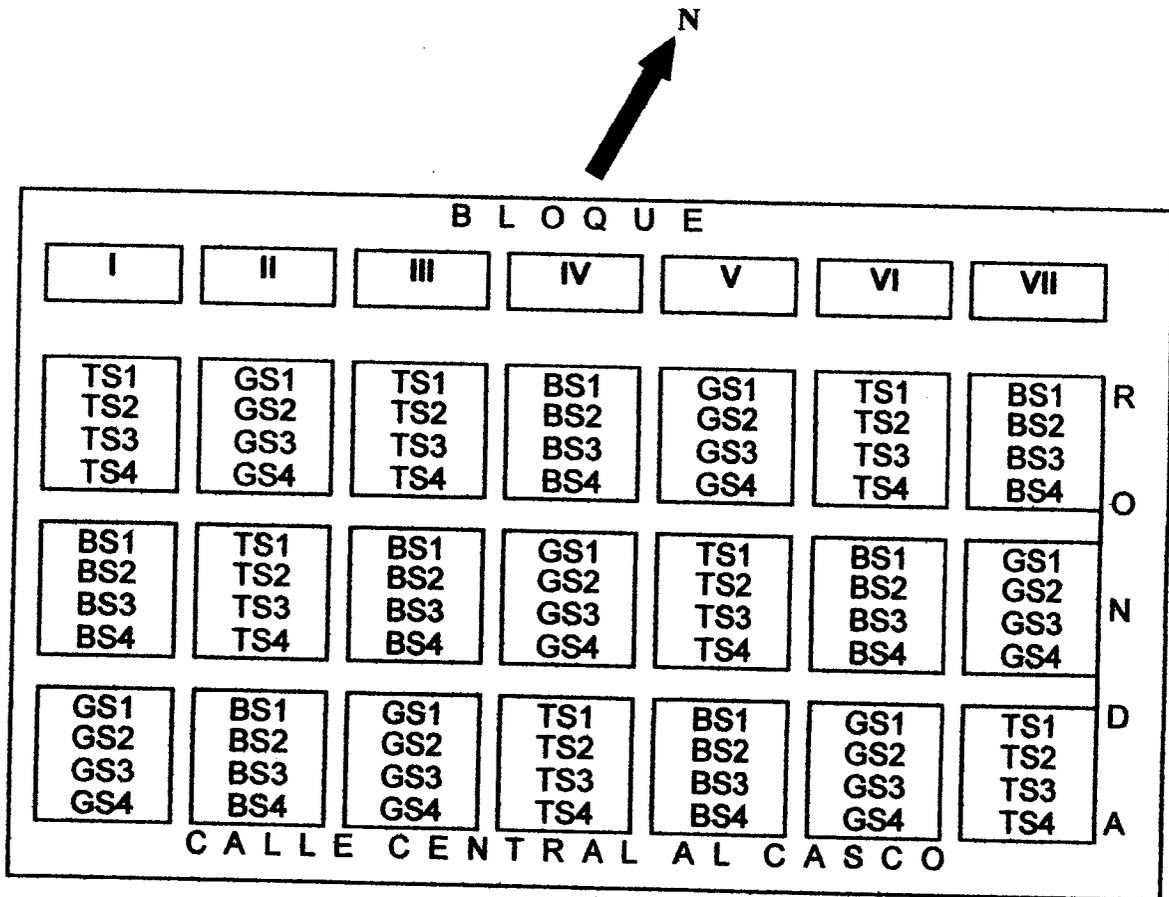
1. Lo primero que se realizó fue coordinar con el jefe de frente de cosecha y el caporal de corte, donde se les indico los límites de cada parcela.
2. Posteriormente a los supervisores de envíos de transportes de caña se le pidió que se les asignara un número de envío para dar la orden corte, el cual tiene la información del número de cabezal, el número de jaula, el número de colera, nombre del piloto y placas del cabezal.
3. Ya cargado el transporte, y chequeada la llegada al ingenio se procedió a el pesaje del transporte en bascula y posterior descuento de la tara del equipo utilizado.
4. Seguidamente se procedió a la obtención de los datos de tonelaje de caña ingresada por tratamiento.
5. Luego con un brazo de metal con forma de barreno (corsampler), se toma una muestra de caña por transporte, de aproximadamente 600 gramos.
6. Posteriormente esta muestra se colocó en un desfibrador para desmenuzar la muestra, seguidamente se toma una sub-muestra de aproximadamente 500 gramos y se pesa en una balanza semi-analítica.
7. Luego esta muestra se colocó en una prensa hidráulica para extracción de jugos y su posterior análisis que ya se describieron anteriormente.
8. Al final de este análisis se obtiene la cantidad de libras de azúcar por tonelada métrica de caña.

Rendimiento reportado = Pol reportada*(Winter&CarP. de caña) * factor de rendimiento Winter&Carp. Ingenio.

9. Ya con estos datos se obtiene los kg. de azúcar por hectárea, de la siguiente manera:

$$\text{Tonelada métrica de azúcar / Hectárea} = \frac{(\text{Toneladas de caña / Hectárea}) * (\text{Toneladas de azúcar / Tonelada de caña})}{1}$$

Figura 2.1 A: Croquis de campo del ensayo de madurantes, aplicados en la variedad CP72-2086 durante la zafra 2004-2005. (Sacar es esquema de la tesis utilizada).



Referencias:

- T = testigo
- G = glifosato

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

- B = bio-estimulador
- S1 = sub-muestra No. 1
- S2 = sub-muestra No. 2
- S3 = sub-muestra No. 3
- S4 = sub-muestra No.

Figura 2.2 A: Gráfica rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña en precosecha.



Figura 2.3 A: Gráfica contenido del porcentaje de la variable % Pol en los tratamientos evaluados en la variedad CP72-2086.

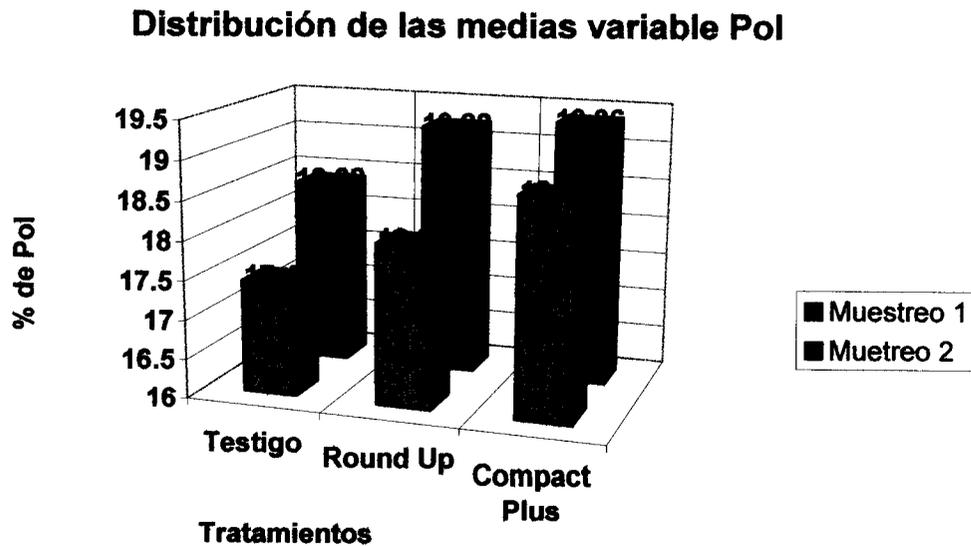


Figura 2.4 A: Gráfica distribución del porcentaje de la variable Pureza manifestado en el ensayo de madurantes.

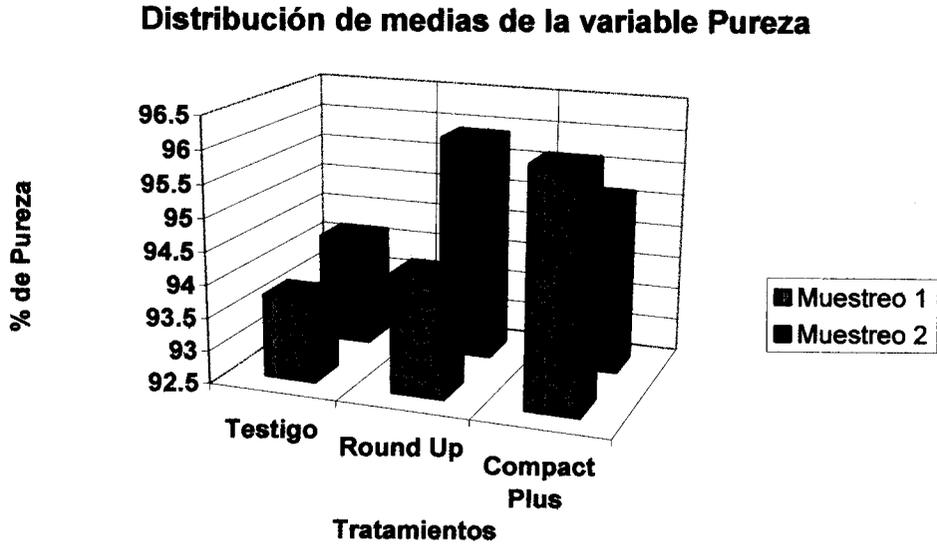


Figura 2.5: Gráfica de rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña envasados en los tratamientos evaluados, en la variedad CP72-2086.

