

**EVALUACIÓN DE SULFOMETURON METÁLICO COMO
ALTERNATIVA AL USO DE GLIFOSATO COMO
MADURANTE DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum
officinarum* L.)**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**EVALUACIÓN DE SULFOMETURON METÍLICO COMO
ALTERNATIVA AL USO DE GLIFOSATO COMO
MADURANTE DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum
officinarum L.*)**

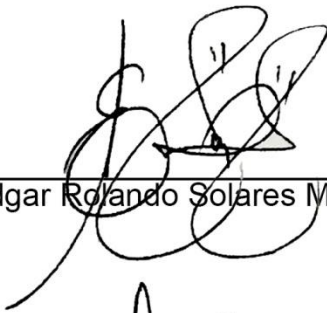
Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por:
Miguel Estuardo Padilla Rodríguez
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en
Tecnología Agrícola y Pecuaria

Guatemala
2016

VoBo.

(f) 
Ing. Edgar Rolando Solares Monterroso

Tribunal examinador

(f) 
Ing. Edgar Rolando Solares Monterroso

(f) 
Ing. Ingrid Callejas

(f) 
Ing. Jorge Luis Gómez López

Fecha de aprobación: Guatemala, 09 de marzo de 2016.

DEDICATORIA

DIOS:

Por ser la luz en mi camino, guiarme y protegerme de todo mal. Por darme fortaleza y sabiduría para hacer las cosas aun cuando tuve miedo, por amarme y tener misericordia de mí y por haberme permitido llegar hasta esta etapa de mi vida.

A MI MADRE:

Por ser mi soporte, mi guía, mi luz, mi esperanza, mi aliento, por inspirarme, por darme siempre lo que era necesario y a veces un poco más de ello, por sacarme adelante, por ser padre y madre, por velar por mí, por sus sacrificios, por sus desvelos, por su esfuerzo, por ser la persona a quien le debo todo lo que soy y espero ser "All that I am or I hope to be I owe to my angel mother" Abrahan Lincoln. Te amo madre.

A MIS ABUELOS:

A mi abuela (Guela: Margarita Rodríguez) por formarme y educarme hasta el presente, por cuidarme, protegerme, consentirme, quererme y guiarme por el buen camino y a mi abuelo (Néstor Padilla R.I.P.) por enseñarme, por estar siempre apoyándome y nunca darme la espalda, ambos me han ayudado en todo momento, los amo.

A MI DEMÁS FAMILIA:

A mi hermana Fernanda, a mis tías: Evelyn, Zaida, Lili, Mariola, Mira y Mónica. A mis tíos: Guicho, Jeffrey y Antonio. A mis primos: Regina, Rodrigo, Maricarmen, Karen y Jorge, José, Marjorie, Gabriela y al resto de mi familia (Sin faltar la Chiqui).

A MI MADRE Y HERMANOS
ADOPTIVOS:

Alejandra Bonilla, por guiarme, por exigirme mejorar y presionarme, por enseñarme muchas cosas y ser un ejemplo a seguir (Madre Adoptiva) y Gabriela, Victoria, Jeniffer y Antonio, por estar siempre en todo momento y también apoyarme fuertemente a mejorar, los amo (PD: EL orden de sus nombres es irrelevante para mí).

AL COCODE SR:

Willy, Fabricio, Mau, Herbert, Charly, Regis, y Marituchi, por las alegrías y muchas experiencias que hemos compartido desde hace muchos años, los quiero mucha!.

A MIS BUENOS AMIGOS:

Carmen, Willy, Jacqueline que desde hace tiempo me han apoyado y compartido tanto conmigo todos los días

A MIS EJEMPLOS A SEGUIR:

Profesora Irma Saavedra, Ing. Edgar Solares, Ing. Luis Tuchán Mendizabal. Por ser personas exitosa que han dejado un legado en mi profesionalismo.

A ENACTUS:

Por ser mi herramienta profesional más grande en toda esta carrera, la cual me ha dejado las experiencias más grandes que he podido vivir, por permitirme ver la realidad del país y por haberme dado la oportunidad de conocer 4 países a nivel mundial junto a Universidad del Valle de Guatemala Campus Sur.

AGRADECIMIENTOS

A:

1. Dios, mi madre, demás familia y amigos, por darme su apoyo incondicional en todo momento y ser la luz en el camino.
2. Ing. Edgar Rolando Solares Monterroso y esposa, a él por aceptar asesorarme en esta investigación, dejando un legado profesional sumamente importante en mi vida y a ambos por el apoyo incondicional brindado a mi persona y a mi madre.
3. Ing. José Luis Tuchán Mendizabal por ser mi segundo asesor y guiarme en esta investigación, dándome su tiempo y apoyo incondicional en todo momento.
4. Los buenos maestros de mi educación primaria: Señor Mima, Olga, Ana Daniel Olinka y Prof. Amilcar; por haber contribuido en los inicios de formación profesional.
5. Señor Mima, Doña Oly, Señor Rosita y Señor Ana Veliz por su incondicional apoyo de toda la vida para conmigo y con mi madre.
6. Los buenos maestros de mi educación básica: Prof. Rolando Pais (Q. E. D), Profesora Ligia Balcarcel y Profesora Bianka Pais, por haber contribuido en mi educación profesional.
7. Los buenos amigos y maestros de mi secundaria y Universidad: Ing. Alejandra Bonilla, Ing. Rubén del Valle, Ing. Carlos Paredes, Ing. Jorge Gómez, Ing. Isaac Sagastume, Ing. Christian Beza, Ing. Luis Molina, Ing. Irina Masaya, Lic. José Lino Dávila, Julio Abaac, Lic. Alfredo López.
8. Enactus, Enactus Guatemala, Enactus UVG Sur, colegas: Mayderi, Marco, Melisa, Ivone, Yoselin, Pablo, Danny, Antonio, Victoria, Jeniffer, Evelyn Juarez, Evelyn de Flores.

9. Licda. Seidy Elizabeth García Noguera, por ser mi madre laboral, por creer en mí y en mi trabajo, por valorarme y apoyarme siempre.
10. Ing. Carlos Fernando Concuá, por creer en mí y en mi trabajo, apoyándome a mejorar y hacer un buen profesional.
11. Licda. Jacqueline de De Leon, por creer en mí y hacer justicia con mi situación.
12. Licda. Silvia Carolina Del Águila Trujillo por creer en mí, ayudarme y no dejarme solo en el proceso, dándome su tiempo en todo momento.
13. Ing. Mario Arturo Morales Santos, por apoyarme a buscar las soluciones más factibles y nunca dejarme solo.
14. *Ingenio Magdalena S. A.* Por ser mi casa laboral y por permitirme realizar esta investigación, dándome la oportunidad de crecer tanto como persona como profesional.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS	viii
LISTA DE TABLAS.....	xiv
LISTA DE ILUSTRACIONES	xvi
LISTA DE GRÁFICOS.....	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	3
A. GENERAL.....	3
B. ESPECÍFICOS.....	3
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. MARCO TEÓRICO.....	5
A. LA CAÑA DE AZÚCAR EN GUATEMALA.....	5
1. Aspectos generales del cultivo.	5
2. El cultivo de caña de azúcar en la historia.....	7
3. Agroindustria azucarera guatemalteca.	9
B. MANEJO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR.....	11
1. El suelo idóneo.	11
2. Preparación del suelo.	12
3. Selección y corte de semilla.	13
4. Métodos preventivos.....	13
5. Siembra.....	13
6. Riego.....	14
7. Fertilización y abonado.	14
8. Control de malezas.	15

9.	Maduración.	15
10.	Cosecha.	15
C.	MADURACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR.	16
1.	Maduración natural.	16
2.	Fisiología de maduración de caña de azúcar.	18
3.	Maduración química.	18
4.	Métodos de aplicación de madurantes.	20
5.	Diferencia entre retardante e inhibidores de crecimiento.	20
6.	Impacto económico y riesgos del uso de madurantes.	22
7.	Madurantes en Guatemala.	23
8.	Roundup (Glifosato).	23
9.	Curavial (Sulfometuron Metílico).	25
D.	EFFECTOS DE LA MADURACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR.	26
1.	Efectos visibles del madurante.	26
2.	Efecto del madurante en la caña.	26
3.	Efectos de los madurantes en la producción.	26
E.	INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA.	27
1.	Factores que determinan la calidad por madurez en la caña de azúcar.	27
2.	Potencial de las variedades de caña para acumulación de sacarosa.	28
3.	Maduración en función de temperatura, luminosidad y edad.	28
4.	Refractometría.	29
5.	Polimetría.	29
6.	Porcentaje de jugo de caña.	30
7.	Libras de azúcar por tonelada.	30
V.	MARCO METODOLÓGICO.	31
A.	HIPÓTESIS.	31
1.	Alternativa.	31
2.	Nula.	31

B.	TRATAMIENTOS.....	31
1.	Descripciones de los tratamientos.....	31
2.	Formulación de la mezcla de productos a aplicar.....	32
C.	DISPOSICIÓN ESPACIAL DEL ENSAYO.....	32
1.	Lote de experimentación.....	32
2.	Croquis del ensayo y distribución de tratamientos.....	33
D.	MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
1.	Aplicación de cada tratamiento.....	34
2.	Calibración del equipo de aplicación.....	34
3.	Periodicidad de los muestreos.....	34
4.	Metodología de muestreo.....	34
5.	Método de evaluación.....	35
E.	VARIABLES DE RESPUESTA.....	35
1.	Porcentaje de jugo (%).	35
2.	Grados brix.	35
3.	Porcentaje de pol (%).	35
4.	Libras de azúcar por tonelada (LbAz/Ton).....	35
F.	DELIMITACIONES.....	35
G.	PLAN DE TRABAJO.....	36
H.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	36
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	37
A.	PORCENTAJE (%) DE JUGO.....	37
1.	Gráfico de resultados promedio del porcentaje de jugo en los tres tratamientos.....	37
2.	Resumen del análisis estadístico de resultados de porcentaje de jugo.....	38
3.	Discusión.....	38
B.	SÓLIDOS SOLUBLES (GRADOS BRUX) EN EL JUGO.....	39
1.	Gráfico de resultados promedio de BRUX Jugo en los tres tratamientos.....	39
2.	Resumen del análisis estadístico de resultados de BRUX jugo.....	39

3.	Discusión.	40
C.	NIVEL DE AZÚCAR (POL) EN EL JUGO.....	40
1.	Gráfico de resultados promedio del POL jugo en los tres tratamientos.....	40
2.	Resumen del análisis estadístico de resultados de la variable POL jugo.....	41
3.	Discusión.	41
D.	LIBRAS DE AZÚCAR POR TONELADA DE CAÑA (LBS AZ/TC).....	42
1.	Gráfico de resultados promedio de las LBS AZ/TC en los tres tratamientos....	42
2.	Resumen del análisis estadístico de resultados de la variable LBS AZ/TON...	42
3.	Discusión.	43
E.	ANÁLISIS COMPARATIVO SULFOMETURON METÁLICO VERSUS GLIFOSATO.....	43
VII.	CONCLUSIONES.....	46
VIII.	RECOMENDACIONES	47
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	48
X.	ANEXOS.....	51
XI.	CONTACTO	64

LISTA DE TABLAS

1. Tabla 1: Clasificación de la taxonomía de la caña de azúcar.	5
2. Tabla 2: Ingreso de divisas por exportaciones.	9
3. Tabla 3: Exportaciones en toneladas métricas.	10
4. Tabla 4: Descripción de los tratamientos de la investigación.....	31
5. Tabla 5: Plan de trabajo de la investigación.....	36
6. Tabla 6: Resumen análisis estadístico para muestreo ocho (01/12/2015) en la variable porcentaje de jugo.	38
7. Tabla 7: Resumen análisis estadístico para muestreo ocho (07/12/2015) en la variable BRIX jugo.....	39
8. Tabla 8: Resumen análisis estadístico para muestreo ocho (07/12/2015) en la variable POL jugo.....	41
9. Tabla 9: Resumen análisis estadístico para muestreo ocho (07/12/2015) en la variable LBS AZ/TON.....	42
10. Tabla 10: Análisis comparativo de ventajas y desventajas (Curavial versus Roundup).....	43
11. Tabla 11: Datos promedio de muestreo para la variable porcentaje de jugo.....	51
12. Tabla 12: Datos promedio de muestreo para la variable BRIX jugo.	51
13. Tabla 13: Datos promedio de muestreo para la variable POL jugo.	52
14. Tabla 14: Datos promedio de muestreo para la variable LBS AZ/TC.	52
15. Tabla 15: Datos obtenidos en el último muestreo (Ocho) fecha 07/12/2015.	53
16. Tabla 16: ANOVA y prueba de Tukey de la variable BRIX jugo.....	54
17. Tabla 17: ANOVA y prueba de Tukey de la variable porcentaje de jugo.	54
18. Tabla 18: ANOVA y prueba de Tukey de la variable POL jugo.....	55
19. Tabla 19: ANOVA y prueba de Tukey de la variable LBS AZ/TON.....	55
20. Tabla 20: Estadística descriptiva de los tres tratamientos de la variable porcentaje de jugo.....	56

21. Tabla 21: Estadística descriptiva de los tres tratamientos de la variable BRIX jugo.	57
22. Tabla 22: Estadística descriptiva de los tres tratamientos de la variable POL jugo.	58
23. Tabla 23: Estadística descriptiva de los tres tratamientos de la variable LBS AZ/TON.	59
24. Tabla 24: Datos obtenidos del peso de torta del muestreo tres al ocho de todos los tratamientos.	61

LISTA DE ILUSTRACIONES

1. Ilustración 1: División de sustancias que componen los madurantes.	20
2. Ilustración 2: Sustancias naturales de los madurantes.	21
3. Ilustración 3: Mapa de la finca de la ubicación del lote experimental de la investigación.....	33
4. Ilustración 4: Croquis del ensayo y distribución de los tratamientos.	33
5. Ilustración 5: Siembra del lote de experimentación.....	62
6. Ilustración 6: Surcos en el lote de experimentación.....	62
7. Ilustración 7: Paquete cañas para llevar al laboratorio.	62
8. Ilustración 8: Muestreo de cañas maduras.	62
9. Ilustración 9: Identificación de los paquetes de muestreo.....	63
10. Ilustración 10: Transporte de los paquetes de muestreo al laboratorio.....	63

LISTA DE GRÁFICOS

1. Gráfico 1: Porcentaje de exportación por región zafra 2012-2013.....	11
2. Gráfico 2: Porcentaje de jugo de los ocho muestreos.....	37
3. Gráfico 3: BRIX jugo de los ocho muestreos.	39
4. Gráfico 4: POL de jugo de los ocho muestreos.....	40
5. Gráfico 5: LBS AZ/TON de los ocho muestreos.....	42
6. Gráfico 6: Precipitación pluvial en finca Esperanza Riojas.	60
7. Gráfico 7: Peso en torta del muestreo tres al ocho.	61

RESUMEN

Ingenio Magdalena S. A. ha implementado la maduración química de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) utilizando el herbicida Roundup, sin embargo, el ingrediente activo de dicho producto (Glifosato) ha sido declarado por la Organización Mundial de la Salud como altamente dañino para la salud y el ambiente, por ello surge la necesidad de encontrar un sustituto para el mismo.

Curavial es otro madurante de caña de azúcar y su ingrediente activo es Sulfometuron Metílico, la cual según su fabricante (Dupont) es una partícula más amigable con el ambiente y la salud humana; y además no ha sido declarada como causante de serias enfermedades como el Cáncer. Por ello, la presente investigación se realizó para evaluar la viabilidad de Curavial como alternativa al uso de Roundup en la maduración química de caña de azúcar en Finca Esperanza Riojas de *Ingenio Magdalena S. A.*

Las condiciones de evolución fueron: variedad CP72 2086, altitud de 300 msnm, textura de suelo franco arcillosa, precipitación pluvial de 1300 mm anuales aprox. Y la investigación se realizó en los meses de octubre a diciembre de 2015 y considerando las condiciones demostró que:

- La aplicación de madurantes presentó mejores efectos versus no aplicarlos en todas las variables de respuesta.
- Curavial retiene más el porcentaje de jugo sin afectar las Lbs Az/Ton.
- Roundup concentra más el porcentaje de POL y los Grados BRIX, pero disminuye su retención de porcentaje de jugo.
- En las Lbs Az/Ton no hubo diferencia en los efectos de ambos madurantes.

Por lo anterior, se comprobó que Curavial sí es apto para sustituir a Roundup en el lugar donde se realizó la investigación.

ABSTRACT

Magdalena Sugar Mill Plc has implemented the chemical ripening of sugarcane through the Roundup herbicide. However, the active ingredient of such product (Glyphosate) has been declared by the World Health Organization as highly harmful for health and environment. Therefore, there is need to find another product to substitute it.

Curavial is another product for sugarcane chemical ripening and its active ingredient is Sulfometuron methyl, a particle friendlier with health and environment that even has not been declared causer of serious diseases like Cancer. Therefore, this research was conducted to evaluate Curavial as alternative of the Roundup usage in chemical ripening of sugarcane in State of Esperanza Riojas of Magdalena Sugar Mill Plc.

The evaluation conditions were: CP72 2086 variety, 300 meters above sea level of altitude, clay loam soil texture, on average 1300 millimeters per year of rainfall and the search was ran in the moths form October to December in 2015 and considering the conditions it showed that:

- Ripening products application had better effects versus not applying them in all the response variables.
- Curavial retains more the percentage of Juice without harming the pounds of sugar per ton.
- Roundup concentrates more the percentage of POL and the BRIX grades but it decreases its percentage of juice concentration.
- According to the pounds of sugar per ton there was any difference with the application of both ripening products.

Therefore, it was tested that Curavial is an effective alternative to replace Roundup for chemical ripening of sugar in the place where the research was developed.

I. INTRODUCCIÓN

La agroindustria azucarera guatemalteca se ha convertido en una de las principales fuentes de divisas para Guatemala y generadora de empleos que fortalecen su economía. Las cinco organizaciones que la integran y sus doce ingenios contribuyen decisivamente en la superación y el desarrollo de la nación, por lo que se constituye como un factor determinante para el progreso del país. (ASAZGUA, 2015)

Por tal motivo, en la historia agrícola de Guatemala, la producción de azúcar extraído de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) ha tomado gran importancia al ser la principal actividad con la que se ha logrado gran parte del progreso del país. Por dicha razón, durante muchos años, todos los ingenios integrantes de la agroindustria azucarera guatemalteca han promovido métodos como la maduración química de la caña de azúcar, utilizando herbicidas comerciales como madurantes a fin de mejorar la concentración de sacarosa presente en los entrenudos del cultivo, sin afectar significativamente su producción cultural. (Mendizabal, 2015)

Un claro ejemplo de los agroquímicos que son aplicados por Ingenios de la zona buscando lograr los fines anteriormente descritos, son los productos que contienen como ingrediente activo el Glifosato N-(fosfonometil) glicina, que es un herbicida de amplio espectro, no selectivo, utilizado para eliminar malezas indeseables (pastos anuales y perennes, hierbas de hoja ancha y especies leñosas) en ambientes agrícolas y forestales; además también es utilizado como inhibidor de crecimiento, prometiéndole excelentes resultados para la retención de sacarosa. Sin embargo, este mismo también presenta serias complicaciones con su aplicación y genera un impacto negativo no solo en el ambiente sino incluso en la salud humana. (Net, 2015)

El presente trabajo de graduación se llevó a cabo para evaluar el efecto del retardante de crecimiento Curavial (Cuyo ingrediente activo es Sulfometuron Metílico) para maduración química de caña de azúcar, comparando los resultados obtenidos con la aplicación de este producto versus los resultados que se obtienen con Glifosato en su presentación comercial Roundup (el madurante usando en más del 70% de los terrenos en *Ingenio Magdalena S. A.*), analizando la variable del incremento de la concentración de sacarosa en los entrenudos del cultivo (específicamente en la variedad CP-72 2086 establecida en Finca Esperanza Riojas, ubicada en Mazatenango, Suchitepéquez). (Mendizabal, 2015)

Se resalta que el fin principal de este trabajo fue evaluar la sustitución de Roundup por Curavial ya que si se determina que este último es un producto apto para realizar dicha sustitución, se lograrían beneficios mutuos tanto para la empresa como para los clientes

potenciales de la misma, contribuyendo a disminuir los impactos negativos que Roundup genera tanto en el ambiente como en la salud humana ya que Curavial es un madurante más amigable con el ambiente. (AGROTOXICOS, 2015)

II. OBJETIVOS

A. GENERAL

Determinar si el producto Curavial puede sustituir al producto Roundup para la maduración química de caña de azúcar.

B. ESPECÍFICOS

- Determinar el rendimiento de caña de azúcar (Biomasa y Azúcar) por unidad de área (Lbs Az/Ton de Caña).
- Determinar el contenido de sólidos solubles (% Brix) en el jugo de caña de azúcar.
- Determinar el contenido de sacarosa (% POL) en el contenido de caña de azúcar.
- Determinar el porcentaje de jugo de caña de azúcar.
- Realizar un análisis comparativo para determinar los efectos positivos y negativos del uso de sulfometuron metílico versus glifosato.

III. JUSTIFICACIÓN

Debido a la importancia de la calidad del azúcar en su venta en el mercado tanto local como internacional y los impactos que se generan en su producción, *Ingenio Magdalena S. A.* está buscando sustituir el madurante que actualmente utiliza (Roundup, Glifosato) por un producto que sea más amigable con el ambiente y tenga los mismos o incluso mejores efectos en la concentración de sacarosa en la caña de azúcar.

Por tal motivo, el trabajo de graduación que se llevó a cabo, pretendía proporcionar al área de investigación agrícola de *Ingenio Magdalena S. A.* Información verídica y comprobable que evidencie los efectos de Curavial en relación al incremento de la concentración de sacarosa en los entrenudos la caña (específicamente en la variedad CP-72 2086, establecida en Finca Esperanza Riojas, la cual se ubica en Mazatenango, Suchitepéquez), esto para conocer si este producto puede llegar a sustituir a Roundup y dependiendo la situación, proponer a que se de dicha sustitución para que de esta manera se contrarreste el impacto negativo que el mismo causa con la producción de azúcar de la empresa.

Si en dado caso Curavial presenta ventajas sobre los resultados de la aplicación de Roundup, el hacer la sustitución de dicho madurante beneficiaría en:

- Los colaboradores de la empresa: disminuyendo el riesgo de poner en peligro su salud por la aplicación de Roundup.
- La empresa misma: Ofrecería un producto de calidad que le ayuda a catalogarse como una empresa social y ambientalmente responsable al no obviar los efectos adversos que genera la aplicación de Roundup (Glifosato).
- Y sus clientes: quienes tampoco pondrían en riesgo su salud al no consumir productos que tuvieron relación con este producto químico.

IV. MARCO TEÓRICO

A. LA CAÑA DE AZÚCAR EN GUATEMALA

1. Aspectos generales del cultivo.

a. **Nombre científico.** *Saccharum officinarum* L.

b. **Nombre común.** Caña de azúcar, conocida con otros nombres como caña de castilla, caña dulce, cañaduz, cañamelar, cañamiel y Sa-kar.

c. Clasificación.

Tabla 1: Clasificación de la taxonomía de la caña de azúcar.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
Reino:	Vegetal
División:	Magnoliophyta
Clase:	Angiospermae
Sub-clase:	Monocotyledoneae
Súper Orden:	Commelinidae
Orden:	Commelinales
Familia:	Poaceae
Género:	Saccharum
Especie:	<i>Saccharum officinarum</i> L.

d. **Origen.** La caña de azúcar es nativa de las regiones subtropicales y tropicales del sudeste asiático. Alejandro Magno la llevó de la India hacia Persia, mientras los árabes la introdujeron en Siria, Palestina, Arabia y Egipto, de donde se extendió por todo el continente africano y a la Europa meridional. A finales del siglo XV Cristóbal Colón la llevó a las islas del Caribe, de allí fue llevada a toda América Tropical y Subtropical.

e. **Botánica de la caña de azúcar.** La caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio se forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña con la energía tomada del sol durante la fotosíntesis, constituye el cultivo de mayor importancia desde el punto de vista de la producción azucarera,

además representa una actividad productiva y posee varios subproductos, entre ellos la producción de energía eléctrica derivada de la combustión del bagazo, alcohol de diferentes grados como carburante o farmacéutico.

f. La raíz. Es de tipo fibroso, conocida en la industria azucarera latinoamericana como cepa, se extiende hasta 80 cm de profundidad cuando los suelos son profundos, el 80% de la misma se encuentra regularmente en los primeros 35 cm del suelo. La raíz es una parte esencial de la planta ya que permite la absorción de nutrimentos y agua, además del anclaje de la planta, especialmente necesario en plantaciones cosechadas mecánicamente, ya que la cosechadora remueve las raíces cuando éstas son muy superficiales y cuando están asociadas con suelo arenoso.

g. El tallo. La parte esencial para la producción de azúcar lo constituye el tallo, dividido en nudos y entrenudos (Motta, 1994). El largo de los entrenudos puede variar según las variedades y desarrollo de la planta, está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, que contiene agua y sacarosa (Rivera, 2002).

h. La hoja. La hoja es un órgano especializado cuya principal función es la de llevar a cabo la fotosíntesis, que es el proceso mediante el cual los cloroplastos convierten la energía lumínica en energía química. También las hojas cumplen un papel importante en el proceso de la respiración celular, en la transpiración y en el intercambio gaseoso. El proceso inverso, conocido como respiración, es el gasto de la energía almacenada, que la planta utiliza para llevar a cabo diferentes procesos metabólicos. La lámina foliar de la caña de azúcar es ligeramente asimétrica; en ella se encuentran los estomas, que son células especializadas de la epidermis, constan de dos células oclusivas y un poro entre ellas. Por medio de esta estructura se realiza el intercambio gaseoso con el medio ambiente; el número es mayor en la cara abaxial (envés) que en la adaxial (haz).

i. La flor. Cuando se presenta una serie de condiciones fisiológicas (edad, nutrición) y ambientales (foto periodo, temperatura, humedad), se producen cambios a nivel de meristemo; así se modifica el patrón de crecimiento vegetativo (producción de tallos y hojas) y reproductivo (inflorescencia). La formación de nuevo tejido vegetativo se paraliza, pero el alargamiento de los últimos entrenudos continúa. Luego aparece un tipo especial de hoja (hoja bandera), cuyas láminas son angostas y alargadas, lo que indica que la inflorescencia pronto emergerá. La inflorescencia es una panícula abierta, cuya forma, color, tamaño y ramificación depende de la variedad. Está formada por un eje o raquis principal que a su vez se divide en ejes secundarios y

terciarios. En los ejes se ubican las espiguillas en pares, unidas por un pedicelo con una sola flor. (SANTOS, 2013).

2. El cultivo de caña de azúcar en la historia. Luego de la conquista de Guatemala, hacia 1587 ya había un considerable número de trapiches en el Valle de Guatemala por lo que el ayuntamiento de Santiago considero oportuno promulgar las Ordenanzas del gremio de "hacedores de azúcar" y establecer el puesto de Vendedor de Trapiches, quien tendría a su cargo velar por la fijación del precio máximo, las medidas de los "cubos de azúcar" y el valor de los jornales.

En el siglo XVIII proliferaron los trapiches en muchas regiones del Reino de Guatemala, al punto que en una misma población se encontraba más de una decena, como fue el caso de San Andrés Cuilco y Colotenango en Huehuetenango, San Agustín Acasaguastlán, Guastatoya, el Valle de Sansaria, Cojutepeque y Santa Eulalia en El Salvador o Tuxtla en Chiapas.

Y no fue hasta mediados del siglo XIX, por ingenio se entendía el "complejo de tierras, construcciones fabriles, construcciones de servicios y vivienda, maquinarias, implementos, esclavos y animales destinados a la fabricación de azúcar de caña". Hoy en día, ingenio es el área industrial donde se procesa la caña, el guarapo y la meladura para obtener azúcar.

Las haciendas azucareras más importantes del siglo XIX centraron su producción para el consumo interno como para la exportación de azúcar. Algunas trascendieron hasta el siglo XX y muy pocas continúan operando todavía en el siglo XXI. Los más grandes y magníficos ingenios de la época colonial perdieron el ritmo de producción de los siglos anteriores, en vista de que la mayoría cambió de dueño, lo cual llevó, en algunos casos a su decadencia.

Para mediados del siglo XX la industria azucarera se concentraba geográficamente en el "cordón cañero" en los departamentos de Escuintla (80.12%), Suchitepéquez (14%), Retalhuleu (3.44%) y Guatemala (2.44%). De los 11 ingenios, que existían los de mayor capacidad de producción eran: Pantaleón, Concepción, El Baúl, El Salto y Palo Gordo; los más pequeños eran San Antonio Tululá, Mirandilla, Santa Cecilia, Santa Teresa, Mauricio y San Diego.

La diversificación de la producción agrícola y los problemas habidos durante los gobiernos de 1944 a 1954 obligaron a la iniciativa privada a organizarse mejor para defender sus intereses. Así que por iniciativa de este grupo de productores de azúcar se constituyó y fundó EL 10 de junio de 1957 la "ASOCIACIÓN DE AZUCAREROS DE GUATEMALA".

En líneas generales, los objetivos iniciales de ASAZGUA fueron los siguientes:

- Desarrollar y tecnificar los cultivos de la caña de azúcar mediante la creación de campos experimentales en donde se seleccionan semillas para distribuir las entre los sembradores de caña.
- Contratar a técnicos especializados en el ramo del azúcar y formar técnicos guatemaltecos para engrandecer la industria azucarera.
- Procurar tecnificar y mejorar los ingenios del país.
- Importar o adquirir toda clase de equipos, maquinaria, herramientas, etc. para el cultivo e industrialización de la caña de azúcar.
- Actuar en servicio de sus asociados.
- Regular la distribución del azúcar y sub-productores en todo el territorio para asegurar el consumo y regular los precios en forma equitativa a fin de evitar la especulación.

Estos objetivos constituyeron los embriones del futuro desarrollo de la agroindustria azucarera, pues con el tiempo se formaron departamentos y entidades especializadas en los ramos de la investigación del cultivo de la caña, como CENGICAÑA, con la finalidad de obtener mayores y mejores rendimientos. También se dio formación a los futuros técnicos azucareros de los ingenios y se creó la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala, ATAGUA. En el 2010 con el objetivo de desarrollar investigación sobre el cambio climático, fue creado el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático ICC. No cabe duda, que ASAZGUA tenía una visión futurista de lo que deseaba, buscaba y vislumbraba para el crecimiento de la agroindustria azucarera del país (Asazgua, 2012).

a. El trapiche de San Jerónimo. Este lugar es conocido por su rica historia como el primer productor de azúcar de Guatemala. Siendo el primero de su clase, era originalmente de aquí de donde se exportaba azúcar morena a toda Centroamérica desde el principio del siglo XVII. El Museo Regional del Trapiche es considerado por la UNESCO para la implementación de un proyecto piloto a nivel Latinoamericano. Además de la rica y extensa historia colonial de San Jerónimo, el lugar cuenta con el legado de Fray Bartolomé de las Casas, quien fue uno de los primeros en reclamar los derechos humanos para indígenas en el tiempo de la conquista.

En 1986, el Instituto de Antropología e Historia, inició la recuperación y restauración de lo que fueran las áreas de la Hacienda de San Jerónimo, donde se localizaba el primer ingenio. Con el apoyo de la Universidad Rafael Landívar y activos artistas locales se ha logrado que el museo sea una atracción nacional. Además, con la intervención del sector privado y semi-privado el Trapiche tiene varios proyectos de restauración y remodelación.

En la actualidad cuenta con un flujo turístico muy importante para la economía de la región de Baja Verapaz. Este proyecto muestra como la iniciativa y participación activa de la comunidad local, el interés de instituciones Gubernamentales y privadas y ayudados por la historia y belleza natural de Baja Verapaz, hacen que nuestro patrimonio sea recuperado y expuesto al mundo como un gran ejemplo de nuestra cultura. (Mundochapin.com, 2015)

3. Agroindustria azucarera guatemalteca.

a. ASAZGUA. La agroindustria azucarera guatemalteca representa el 31 % del valor total de la exportación agrícola guatemalteca y 15.36 % de las exportaciones totales del País. Es el sector económico que más divisas genera en nuestro país. Durante el año 2013, el azúcar y la melaza produjeron un ingreso de US\$978.1 millones.

b. Ingreso de divisas por exportación (miles de US\$).

Tabla 2: Ingreso de divisas por exportaciones.

AÑO	2009	2010	2011	2012	2013
Ingreso total de divisas por exportación	4,795,305	5,490,744	6,578,115	6,561,021	6,456,476
Principales productos	1,855,565	2,087,566	2,493,456	2,519,914	2,502,130
Azúcar y melaza	492,987	763,831	702,901	843,717	978,125
Banano	494,291	351,565	384,297	469,910	593,051
Café	589,245	705,477	1,164,000	955,915	713,560
Cardamomo	300,212	307,500	296,340	250,372	217,394
Centroamérica	1,212,780	1,991,856	2,440,258	2,447,121	2,146,790
Otros productos	1,726,960	1,411,321	1,644,400	1,593,986	1,807,555

La agroindustria azucarera guatemalteca, que representa alrededor del 3% del PIB nacional, genera 425,000 empleos directos e indirectos, 32,000 corresponden a cortadores de caña.

c. Cogeneración de energía eléctrica. Del proceso de la caña se aprovecha el bagazo para la cogeneración del 25% de energía eléctrica en época de zafra dentro del Sistema Nacional Interconectado –SNI- que representa 408 MW de potencia instalada.

d. Alcohol. En solo tres años la Agroindustria Azucarera Guatemalteca se convirtió en el principal productor de alcohol originario en la región centroamericana, sin disminuir su producción de azúcar ya que este se fabrica a partir de mieles (subproducto en la elaboración de azúcar) lo que significa que en ningún momento se dejara de hacer azúcar por producir alcohol.

En la actualidad cinco empresas en donde participan algunos ingenios realizan este proceso, alcanzando una producción de 269 millones de litros al año. Este producto es exportado a Europa y Estados Unidos.

e. Exportaciones.

1) Exportaciones (en toneladas métricas).

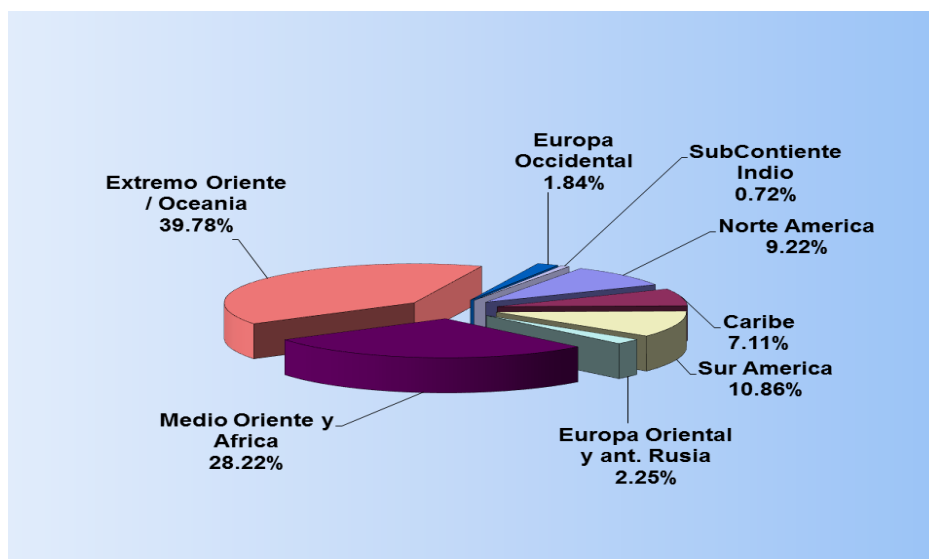
Tabla 3: Exportaciones en toneladas métricas.

ZAFRA	2011/12	2012/13	2013/14*
Chile	119,509	166,137	114,708
Corea	160,200	243,723	334,100
Estados Unidos	298,604	98,043	160,432
Canadá	141,075	64,090	66,628
Indonesia	0	11,137	0
Perú	71,084	3,064	250
Venezuela	20,764	27,500	93,000
China	90,908	341,218	45,140
Taiwán	63,059	88,902	62,775
Jamaica	26,404	23,717	8,109
Trinidad & Tobago	22,256	31,898	10,306
ZAFRA	2011/12	2012/13	2013/14*
Ghana	143,550	68,440	50,700
Otros	491,381	744,557	491,648
Total	1,648,794	1,912,426	1,437,796

* Exportaciones al 07 de julio de 2014.

2) Porcentaje de exportación por región zafra 2012-2013.

Gráfico 1: Porcentaje de exportación por región zafra 2012-2013.



Estos logros se han alcanzado gracias a que el Azúcar de Guatemala cuenta con: Cumplimiento de los contratos adquiridos. La calidad del Azúcar (Polarización, Color, Humedad, etc.) ha cumplido y superado los estándares mundiales. La eficiencia de la Terminal de embarque Expo granel.

3) Posicionamiento de Guatemala en América Latina y El Caribe.

- 2º. Exportador.
- 4º. Productor.

4) Posicionamiento de Guatemala a nivel mundial.

- 4º. Exportador.
- 3º. Productor por Hectárea (Asazgua, 2012).

B. MANEJO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR.

1. El suelo idóneo. Se define como la acción de proporcionar y acomodar las condiciones del terreno para el cultivo de caña de azúcar. Si el área es nueva deben eliminarse, árboles, piedras, infraestructura en desuso o cualquier otro tipo de obstáculo para la operación de la maquinaria, para ésta labor se utiliza maquinaria con buldózer, excavadoras, tractores

agrícolas y camiones de volteo, al contar con el área sin obstáculos se realiza un levantamiento topográfico detallado, se elabora el plano topográfico sobre el cual se realiza el diseño de la finca en función del riego, drenaje agrícola y cosecha, para posteriormente trazar la nueva configuración de la finca (DONIS, 2004).

2. Preparación del suelo. Con la preparación de tierras se desarrollan las labores de labranza mecanizada necesarias para disponer los suelos para la siembra de la caña de azúcar. Esta tiene una secuencia de labores que se planifica en función de las características del suelo tal como: Textura, composición del perfil del suelo, contenido de humedad, presencia de plagas del suelo y malezas, presencia y profundidad de capas compactadas, edad y altura del cultivo anterior en caso de ser una renovación del cultivo.

Los pasos de la preparación de suelos inician con el subsuelo, esta consiste en eliminar la compactación, producida por el paso de la maquinaria pesada que transita por suelos húmedos y las capas endurecidas permitiendo que las labores subsiguientes se lleven a efecto con óptima profundidad, para permitir buen desarrollo radicular a la planta. El subsuelo se realiza con implementos denominados subsoladores de brazos parabólicos accionados por tractores de 280 a 320 caballos de fuerza, pueden realizarse uno o dos pasos de ésta labor en función del grado y magnitud de las capas compactadas. Posterior al subsuelo se realiza uno o dos pasos de rastro arado o volteo con rastras de 16 a 24 discos de 32" o 36" de diámetro, la finalidad es voltear, airear y remover el suelo, incorporar los residuos vegetales y a la vez exponer huevecillos de plagas del suelo para su control, con esta labor también se rompen los agregados formados por el subsuelo, para accionar los implementos de labranza se utilizan tractores de 280 a 320 Hp.

Al finalizar el volteo se realizan uno o más pasos de mullido, esta es una labor que rotura y fracciona los terrones producidos en el volteo, también destruye e incorpora residuos vegetales, y puede utilizarse también para el control de plagas del suelo al espaciar el paso del implemento entre uno y el siguiente paso, para el mullido se utilizan rastras de 64 a 66 discos de 24" de diámetro.

La última labor antes de la siembra es el surqueo, consiste en abrir los surcos para depositar la semilla, una vez sembrada y tapada, los mismos surcos servirán como canales de conducción de agua para riego, estos se confeccionan distanciados 1.50 metros entre cada uno, se utilizan implementos denominados surcadores accionados con los sistemas de levante e hidráulico de tractores llantados de 160 a 170 Hp (DONIS, 2004).

3. Selección y corte de semilla. Esta es una etapa especial en el programa operacional de la siembra, porque permite obtener material de buena calidad, facilita una rápida germinación, buen vigor y macollamiento, una mayor homogeneidad en la plantación; una mayor vida y altas posibilidades de tener una plantación con elevada capacidad productiva.

En lo posible el área de semilleros debe estar cerca del lugar de siembra comercial para disminuir costos en transportes, además permite una mejor sincronización entre el corte de la semilla y la siembra. Las áreas conocidas por sus altas infestaciones de roedores deben evitarse. Los suelos para semilleros, en lo posible deben ser fértiles, profundos y de textura franca, con topografía plana y de fácil drenaje. El área debe contar con facilidades para regar inmediatamente después de la siembra.

Los semilleros de caña de azúcar se categorizan de la siguiente forma: Semillero del mejorador, semillero básico, semillero semi-comercial y semillero comercial. La semilla del semillero del mejorador proviene de los nuevos híbridos que han pasado una serie de tamices desde la germinación de la semilla sexual hasta la selección en evaluaciones regionales, este material es genéticamente puro y libre de enfermedades sistémicas y sirve para iniciar un semillero básico.

4. Métodos preventivos. El semillero básico se establece con semilla tratada hidrotérmicamente a 51°C por 10 minutos, luego 12 horas a temperatura ambiente y de nuevo 1 hora a 51°C, el sistema de multiplicación puede ser por medio de plántulas provenientes de yemas extraídas o por el método de multiplicación convencional, la semilla obtenida en este semillero poseerá un 100% de pureza varietal. El semillero semi-comercial se establece con semilla proveniente del semillero básico, se siembra comúnmente con una densidad de 10 a 12 yemas vegetativas por metro lineal o bien por trasplante de plántulas provenientes de yemas extraídas, lo cual hace que, partiendo de una misma cantidad de semilla básica, las áreas de semillero sean diferentes, con cabe en el manejo agronómico se espera producir semilla con un 99% de pureza varietal y niveles bajos de enfermedades sistémicas. El semillero comercial se establece con semilla proveniente del semillero semi-comercial, la semilla que aquí se produce deberá poseer al menos un 98% de pureza varietal y niveles bajos de enfermedades sistémicas (DONIS, 2004).

5. Siembra.

a. Distribución de la semilla. Se debe colocar un paquete de esquejes en cada 12 metros lineales, el área entre cada estaca, se debe de colocar en una forma que mejor se

acomode a las condiciones de suelo y a la densidad que se desea obtener. Para los paquetes de 30 esquejes se recomienda que estos sean colocados en forma de cadena simple con un traslape de 15-20 % y así lograr alcanzar exactos los 12 metros sin que sobre ni falte semilla ($30 * 0.50 \text{ m} = 15 \text{ m} - 20 \% = 12 \text{ m}$).

b. Tapado de semilla. Se debe realizar un buen tapado de la semilla con el fin de obtener un alto número de yemas germinadas y alcanzar los rendimientos en población deseados en la planificación. Para obtener el mejor tapado de la semilla, el suelo debe estar bien mullido y libre de partículas grandes como terrones grandes de suelo o piedras los cuales crearán burbujas de aire y falta de humedad a las yemas que no estén bien tapadas con suelo mullido. Por lo que la práctica de pulido del suelo es importante y se debe tener un alto control de calidad al momento de realizar la preparación del suelo (Rivera, 2002).

6. Riego. El riego tiene como finalidad suministrar la cantidad de agua adecuada al suelo, a una profundidad determinada para que pueda ser aprovechada por la mayor cantidad de raíces. Para establecer cualquier sistema de riego es necesario disponer de alguna información básica como: la disponibilidad de agua (ríos, aguas subterráneas, reservorios), el cual durante las distintas épocas del año; la calidad del agua, la topografía del terreno, la capacidad de infiltración, las características físicas del suelo, la disponibilidad de la infraestructura hidráulica, el costo de la instalación, la operación y el mantenimiento de sistema, etc. Los dos sistemas de riego más utilizados en el cultivo de la caña son el de gravedad por medio de surcos y por aspersión; también en otros países recientemente de manera experimental en Costa Rica, se utiliza el sistema por goteo (SANTOS, 2013).

7. Fertilización y abonado. Esta labor se encamina a adicionar al suelo los elementos que el cultivo extraerá, la caña de azúcar es un cultivo con una capacidad considerable de extracción de nutrimentos y que varía según la fase desarrollo, durante las fases iniciales los requerimientos son bajos.

Posteriormente, una vez que comienza la formación del sistema radical y el desarrollo de la parte aérea, las necesidades se incrementan, dentro de los nutrientes mayormente absorbidos están el Nitrógeno, Fósforo Potasio, Calcio y Magnesio. Según Subiros, la caña de azúcar extrae algunas cantidades de estos elementos para producir una tonelada de caña, los promedios de varias revisiones son los siguientes en Kilogramos por tonelada de caña: Nitrógeno 1.09, Fósforo 0.24, Potasio 1.90, Calcio 0.37, Magnesio 0.30 y Azufre 0.41. El procedimiento para realizar la fertilización inicia con el muestreo y análisis de suelos para determinar las dosis de fertilizantes a aplicar, generalmente se aplica en forma mecánica con una abono-cultivadora accionada con un

tractor de 80 a 120 Hp, generalmente la fertilización nitrogenada se realiza posterior a los 60 días después de la siembra o del corte en el caso de caña soca.

8. Control de malezas. El control de malezas va dirigido a disminuir la presencia de malezas en el período crítico de competencia, el cual termina cuando la caña tiene 90 centímetros de altura y los tallos posean entre 8 y 12 horas, el período crítico se encuentra entre 15 y 120 días en caña recién sembrada y entre 15 y 90 días en caña soca. El control de malezas se planifica en función de las especies y disponibilidad de agua en el suelo, de ello depende el método de control, el cual puede ser químico, manual y mecánico, si se efectúa un control químico también deben planificarse los herbicidas adecuados y su dosificación que generalmente van acompañados de productos coadyuvantes. En Guatemala se utilizan 26 grupos de herbicidas para el control de malezas. En Guatemala se han identificado 55 especies importantes de malezas, las cuales han sido agrupadas en dos grandes grupos: malezas de hoja angosta, malezas de hoja ancha.

9. Maduración. La maduración es el proceso fisiológico por el que la producción de materia verde de la planta se reduce para dar paso a la acumulación de carbohidratos en forma de sacarosa en las células de parénquima del tallo. Adicionalmente la maduración está gobernada por una serie de factores muy relacionados entre sí, algunos son: Variedad, humedad del suelo, temperatura, radiación solar, suelo y prácticas de cultivo. Estudios realizados en Estados Unidos con ciclos de 12 meses, determinaron que el aumento en la producción de caña en los últimos cuatro meses fue de apenas el 2%, mientras que el contenido de sacarosa en ese mismo lapso aumentó alrededor del 200%.

Este aumento fue más alto cuando se emplearon maduradores químicos. La aplicación de maduradores químicos está dirigido a promover la maduración en cañas que se cosechan en los primeros dos tercios de la zafra, durante los meses de noviembre a febrero, su principal ventaja es la de aumentar el Brix, Pol y pureza del jugo y por lo tanto los niveles de sacarosa que en determinados casos llegan hasta un 20% en sacarosa. Los productos más importantes utilizados como maduradores son: Fusilade (Propanoato Arílico Fluazifop P-Butil), Roundop Max y SL (Glifosato ácido fosforoso), Select y Touchdown (Glifosato trimesium), actualmente se investiga en la utilización de productos no herbicidas que tienen un efecto sobre la maduración tal como el fosfato de potasio (DONIS, 2004).

10. Cosecha. Es el último paso en el proceso de producción agrícola del cultivo, esta inicia con la planeación en las cuales se toman los siguientes criterios:

- Estimados de producción de caña de azúcar en toneladas por hectárea.
- Programa tentativo del inicio y finalización de operación de la fábrica.
- Estimado de molienda en toneladas por día.
- Capacidad del transporte.
- Disponibilidad de mano de obra.
- Información de análisis de madurez de la caña en el campo.
- Tipo de cosecha y otros.

La cosecha de la caña puede dividirse según sea el tipo: cosecha manual y cosecha mecanizada que en ambos casos puede ser en verde o quemado, esto quiere decir que previo a la misma la caña puede o no quemarse. La cosecha manual se realiza por personas conocidos como cortadores de caña quienes pueden cortar alrededor de 6 toneladas de caña en un día de trabajo y aproximadamente el 94% 12 de la caña cosechada en Guatemala se corta con ésta metodología, el restante 6% se realiza con cosechadoras mecánicas que pueden cosechar hasta 800 toneladas de caña en un día.

C. MADURACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR.

1. Maduración natural. El concepto más correcto de la madurez es considerarla como una secuela inevitable a las primeras fases del crecimiento y desarrollo. No obstante, cuando se considera la multitud de factores ambientales, los factores fisiológicos internos y los mecanismos bioquímicos interrelacionados dentro de la planta desde el momento mismo de la brotación, se puede comenzar a apreciar que el hecho de que una planta de caña de azúcar madure a los límites de su potencial es una obra de arte.

- La primera fase termina cuando la hoja vieja se desprende de su entrenudo.
- La segunda fase incluye todos los hechos subsiguientes relativos a la acumulación de azúcar en los entrenudos desarrollados.

Debe tenerse en cuenta los factores varietales, culturales y ecológicos que hayan influido en los primeros períodos de vida de la planta. Durante el crecimiento inicial la caña comúnmente es abastecida con abundante agua y elementos necesarios para el crecimiento. Los tejidos durante estas primeras semanas y meses contienen:

- Altos niveles de N y agua.
- Altos niveles de enzimas.
- Altos niveles de auxinas endógenas almacenados en el meristemo del tejido almacenador.

- Mucha azúcar invertida y numerosos compuestos intermedios de la fotosíntesis, respiración y metabolismo del nitrógeno.
- Actividad respiratoria alta.
- Hay una rápida absorción y transpiración del agua, con una absorción y circulación continua de los elementos nutritivos.
- La sacarosa es rápidamente sintetizada y almacenada y con igual rapidez es retirada del almacenaje para ser metabolizada o para ser encerrada irreversiblemente en la estructura del tejido de la nueva planta.
- Las células del parénquima almacenador en esta etapa son largas, de pared delgada e hidratada.

El químico del central encuentra estos tejidos abundantes en impurezas, es decir, encuentra poca sacarosa y abundancia de otras sustancias que tienen poca utilidad aparente en la industria y además complican la extracción y purificación de la sacarosa. Pero para la planta estas sustancias nunca son impurezas, por el contrario, le son necesarias para mantener sus procesos vitales. Con el paso del tiempo el meristemo se vuelve hacia arriba dejando detrás los entrenudos anatómicamente completos pero inmaduros en el proceso de elongación.

- Cada entrenudo sucesivo completa su ciclo vegetativo con:
- El engrosamiento y fortalecimiento de las paredes celulares.
- Incremento de la materia seca no azúcar.
- La gradual deshidratación.
- Incremento de la acumulación y retención de la sacarosa.
- Decrecimiento del grado de elongación.

Finalmente, el entrenudo cesa de crecer y su hoja se desprende y cae del tallo, aquí culmina la primera etapa de la maduración. Clements señaló que el entrenudo pudiera ahora contener más sacarosa sobre la base del peso seco que en cualquier otro momento, pero que sin embargo existe todavía un potencial para incrementos adicionales de hasta el 50%, que Clements describe como la segunda fase de la madurez.

La creencia de que la maduración se completa en el momento de la caída de la hoja es totalmente errónea y esto se ha demostrado por los análisis convencionales de azúcar y por las técnicas del carbón radioactivo. La segunda fase es grandemente regulada por:

- Caracteres varietales.
- Factores del suelo y ecológico.

De estos los más importantes son la fertilización y la humedad. Mientras la planta pueda disponer rápidamente del N y el agua realizará una actividad continua de crecimiento y tendrá poca posibilidad de realizar el máximo almacenaje del azúcar. El cosechero que puede manipular el N y la humedad por juiciosos programas de su suministro estará en excelente posición para incrementar la segunda fase de la madurez y por lo tanto el sazonado (Tomas, s.f.).

2. Fisiología de maduración de caña de azúcar. La planta de caña, 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 inducir la a transformar en sucrosa (sacarosa) los azúcares reductores que utiliza para proveerse de energía necesaria para el crecimiento y desarrollo.

Por otro lado, el ciclo vegetativo de la caña de azúcar comprende tres etapas con ligera variante de acuerdo a la variedad, se definen así: la primera corresponde al desarrollo de cepas, desde la germinación o brote hasta que el campo cierra (5 a 6 meses de edad), la cual es la etapa de mayor requerimiento de agua, estando el contenido de la misma 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, período en que la humedad del tallo debe de ser 78 a 80%; y 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 acumula energía en forma de sacarosa dentro de tejidos parenquimatosos del culmo o tallo aéreo (Sáenz Soto, JO, 2004).

La capacidad de la caña para producir azúcar, depende de las condiciones favorables para la maduración natural de la misma. Estas son: períodos de poca lluvia, temperaturas bajas con oscilación entre el día y la noche de 11°C y bastante luz solar en un período de 4 a 6 semanas antes de la cosecha. (Buenaventura, C 1986). (Saézn, 2014).

3. Maduración química. Los madurantes químicos para caña de azúcar han sido estudiados desde 1920. Estos productos aceleran la madurez de la planta y prolongan el período de concentración máxima de la sacarosa del tallo. Típicamente inhiben el crecimiento del meristemo apical. Probablemente, esto permite que la energía usada ordinariamente para el crecimiento vegetativo sea utilizada para la fabricación y almacenamiento de sacarosa.

La acción del madurante es altamente variable. Los factores más importantes a considerar son:

- La variedad de caña de azúcar.
- El clima (las condiciones de temperatura y de humedad).
- Y la sincronización del uso del madurante en lo referente a la cosecha prevista (Cengicaña, s.f.).

a. Madurantes o madurativos. Son productos químicos, en su mayoría del grupo de los reguladores del crecimiento, que, inhibiendo la elongación de los tallos sin afectar severamente la producción cultural, favorecen la acumulación de azúcar.

A tal fin se emplean distintos agroquímicos, destacándose algunos herbicidas comerciales. Glifosato es en la actualidad el madurativo más utilizado a nivel mundial debido a su precio accesible, a la regularidad y magnitud de los efectos que provoca y porque permite un amplio período de cosecha (entre 4 y 6 semanas).

Su efectividad depende de las características agroecológicas y de manejo de cada región cañera, razón por la que esta tecnología debe ser ajustada para cada situación.

b. Objetivo del empleo de madurantes o madurativos. Con la aplicación de estos productos se busca modificar las condiciones naturales de maduración a fin de incrementar el contenido de azúcar, sin afectar significativamente la producción cultural.

Además, los madurativos al favorecer una adecuada acumulación de sacarosa en los entrenudos apicales (normalmente inmaduros) y provocar un desecamiento temprano del follaje, permiten efectuar un despuntado más alto (mayor producción cultural) y disminuir el contenido de materias extrañas que llega a fábrica (menor trash), mejorando la eficiencia global de la cosecha.

c. Efectos en el rendimiento fabril.

- Se obtienen respuestas favorables en el 83% de las situaciones evaluadas, con incrementos de hasta un 28.7% de sacarosa.
- Los máximos incrementos se producen entre la sexta y décima semana posterior a la aplicación, lo cual destaca a este período como el óptimo para efectuar la cosecha.
- El incremento promedio que se obtiene varía entre un 6% y un 11% (0.5 - 1.0 punto de rendimiento fabril).

d. Época de aplicación. La aplicación del madurante tiene mayor efecto cuando se efectúa al final del período de gran crecimiento de la caña, cuando la maduración no está muy avanzada. Las aplicaciones tempranas involucran una mayor limitación del crecimiento vegetativo de los cañaverales aplicados, además de permitir una cosecha más temprana, sin embargo, se puede observar una disminución en el peso por tallo (NOA, 2015).

4. Métodos de aplicación de madurantes. La aplicación del madurante se realiza por vía aérea utilizando aeronaves de ala móvil como helicópteros o de ala fija como avionetas y aviones livianos; provistos de equipo de aspersión. El tiempo de espera entre la aplicación del madurante y la cosecha varía de 5 a 8 (hasta 10) semanas (Cengicaña, s.f.).

5. Diferencia entre retardante e inhibidores de crecimiento.

a. Inhibidores del crecimiento. Sustancia del metabolismo vegetal que inhibe o retrasa el crecimiento de las plantas. En general los inhibidores naturales son derivados de las lactonas o sustancias orgánicas aromáticas.

Ilustración 1: División de sustancias que componen los madurantes.

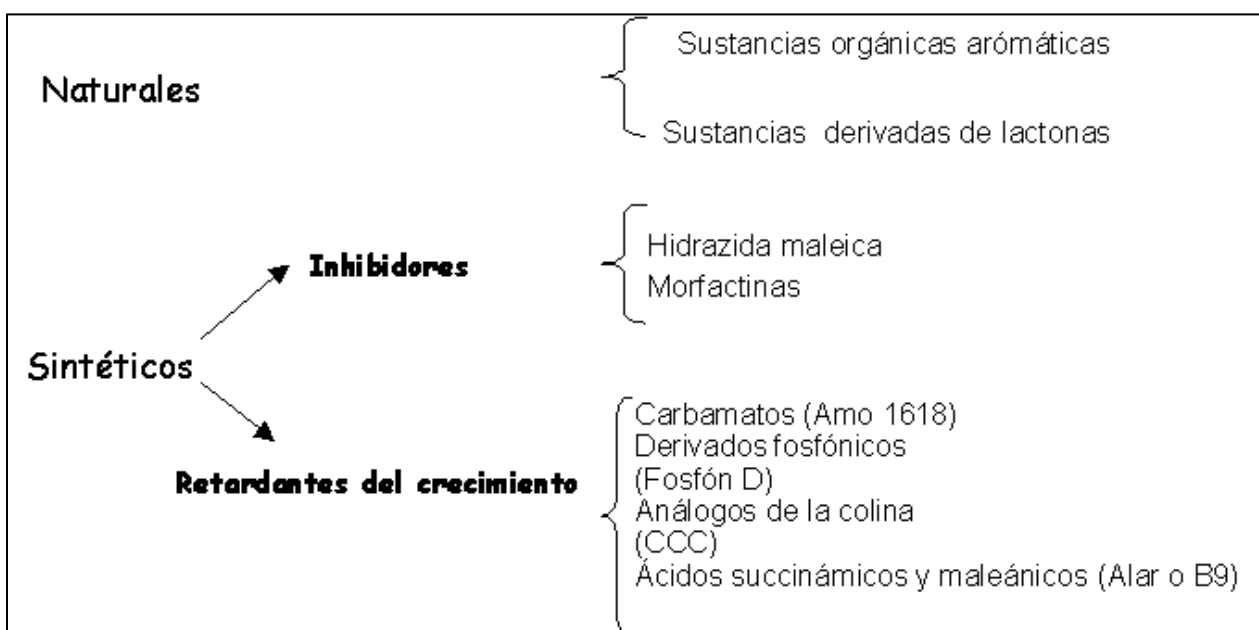


Ilustración 2: Sustancias naturales de los madurantes.

<p>NATURALES:</p> <p>SUSTANCIAS ORGÁNICAS AROMÁTICAS</p> <p>FENÓLICOS: FLAVONOIDES: (NARINGERINA, QUERCETINA,)</p> <p>ÁCIDOS BENZOICOS (ÁC. GÁLICO Y SIQUÍMICO, CAFEICO)</p> <p>COFACTORES DE OXIDASAS DEL AIA (FERÚLICO, CUMÁRICO)</p> <p>DIFENÓLICOS: (ÁCIDO CLOROGÉNICO)</p> <p>SUSTANCIAS DERIVADAS DE LACTONAS</p> <p>CUMARINA ESCOPOLETINA AESFULINA ANEMONINA JUGLONA UMBELIFERONA</p>
--

Dentro de las sustancias aromáticas se encuentran: FENÓLICOS: Flavonoides (naringerina, quercetina) Ácidos Benzoicos (ácido gálico, siquímico y cafeico), Cofactores de la oxidasa del AIA (Ferúlico y cumárico) o DIFENÓLICOS (ácido clorogenico).

Los derivados de las lactonas son cumarina, escopoletina, aesculina, anemonina, juglona, umbeliferona.

Se encuentran en todos los órganos de la planta: en tallos el inhibidor Beta (ac. abscisico y otros inhibidores), en yemas el ABA y en frutos ácido cumárico, cafeico, etc. Se los puede encontrar como ácidos libres o como esteres glúsídicos o glucósidos.

b. Mecanismo de acción. Este está dividido en tres sub mecanismos, el primero que es el ABA actúa sobre la síntesis de enzimas y sobre la acción de las giberelinas, luego siguen los Inhibidores, quienes actúan sobre las enzimas en forma directa, los fenoles actúan sobre la AIA oxidasa y por consecuencia en la concentración de AIA, las cumarinas actúan sobre la oxidación del AIA y los flavonoides también sobre la AIA oxidasa y la producción de ATP en las mitocondrias. Además, dentro de los procesos que inhiben están la germinación de semillas o brotación de yemas.

c. Retardantes del crecimiento. Compuestos químicos que retrasan la activación del meristemo subapical responsable de la elongación de los tallos, no afecta de igual manera al

meristemo apical. Son principalmente derivados de cuatro grupos: Carbamatos (AMO 1618), derivados del ácido fosfónico (Fosofon D), análogos de la colina (CCC), ácidos succinámicos o maleámicos (SADH ó Alar).

1. **Mecanismo de acción.** Inhiben la síntesis de giberelinas.

2. **Aplicaciones en la agricultura.**

- Acortamiento y engrosamiento de entrenudos (trigo, avena, centeno).
- Amarre de frutos (uva).
- Mayor peso y tamaño de frutos (tomate).
- Aumento de floración y frecuencia de cápsulas (algodón).
- Inducción de maduración uniforme (duraznero).
- Aumento del número de tubérculos y rendimiento (papa).
- Adelanta madurez y coloración del fruto (cerezo dulce).
- Impide caída prematura de frutos (manzano).
- Mejora retención de frutos (uva) (Argentina, 1998-2013).

6. **Impacto económico y riesgos del uso de madurantes.**

a. **Riesgos (Desventajas).** Para obtener el máximo aprovechamiento de esta técnica es fundamental realizar una adecuada planificación y un manejo exigente y cuidadoso que permita prevenir y minimizar los riesgos implícitos, los cuales se citan a continuación:

- Daños en cultivos vecinos.
- Reducción de la producción cultural del cañaveral aplicado por efecto de altas dosis o de aplicaciones muy tempranas.
- Posibles efectos en el rebrote y/o en el rendimiento cultural del ciclo siguiente en lotes estresados, por efecto de sobredosis, o fajas de sobre-aplicación.
- Deterioro de la calidad fabril por retrasar la época de cosecha.
- Afectar la capacidad de brotación de yemas de lotes destinados a caña semilla (NOA, 2015).

b. **Impacto económico (Ventajas).** Un manejo eficiente de esta tecnología permite obtener beneficios económicos que superan ampliamente los costos de aplicación (40

Kg. extras de azúcar por hectárea) al lograr en promedio entre 500-700 Kg. de azúcar/ha y en un plazo corto (6^o - 10^o semanas del tratamiento).

El impacto económico es mayor si se consideran los beneficios indirectos que genera la aplicación (inicio de la molienda, mejor calidad de cosecha, menor trash, mayor altura de despuntado, etc.) (NOA, 2015).

7. Madurantes en Guatemala. En Guatemala, la aplicación de madurantes se inició a finales de la década de 1980, luego tomó auge y actualmente es una práctica muy importante y común, en todos los ingenios. Los productos más utilizados son: Sal isopropilamina de glifosato, Sal monoamonio de glifosato, Sal trimetilsulfonio de N-(fosfometil) glicina, fluazifop-p-butyl y Clethodim (Cengicaña, s.f.).

8. Roundup (Glifosato).

a. Generalidades. El glifosato es un aminofosfonato y un análogo del aminoácido natural glicina. El nombre es la contracción de glicina, fosfo- y -ato, partícula que designa a la base conjugada de un ácido. Fue descubierta su actividad herbicida en 1970 por John E. Franz, trabajando en Monsanto. Por su hallazgo, en 1990 Franz recibió la National Medal of Technology en 1987,5 y la Medalla Perkin en Química Aplicada.

Aunque la marca registrada Roundup sigue existiendo en los registros de la US Patent Office, la patente ya ha expirado. Así el glifosato se vende en EE. UU. y mundialmente en diferentes soluciones bajo muchos nombres registrados:

- Aquaneat (53,8 %),
- Aquamaster (53,5 %).
- Rodeo (51,2 %).
- Roundup® Pro Concentrate (50,2 %).
- Genesis Extra II (41 % + surfactante).
- Razor Pro (41 %), Roundup, Buccaneer.

Tales productos pueden contener otros ingredientes, causando diferentes efectos. Por ejemplo, Roundup tiene efectos agregados al propio glifosato, ya que es una solución acuosa de glifosato, un surfactante y otras sustancias. El glifosato se provee en varias formulaciones para diferentes usos:

- Sal de amonio.
- Sal amina isopropil.
- Glifosato ácido - standalone, tanto como sal amoniacal o sal isopropil.
- Sal potásica.

Los productos pueden formularse con 120, 240, 360, 480, 680 g de ingrediente activo por litro. La formulación más común en agricultura es 360 g/L, tanto sola como con surfactantes catiónicos.

Para las formulaciones de 360 g/L, las regulaciones europeas permiten aplicaciones a campo de hasta 12 L/ha para el control de maleza perenne (como *Elytrigia repens*). Lo más comúnmente empleado, es no más de 3 L/ha para los habituales controles de malezas anuales entre cultivos (Wikipedia, 2015).

En otros cultivos se utiliza el glifosato como agente desecante: por ejemplo, en el cultivo de caña de azúcar, su uso como producto desecante permite el incremento de la concentración de la sacarosa (azúcar de mesa) en la caña antes de la cosecha.

b. Usos. El glifosato también se utiliza en la fruticultura y silvicultura, en mantenimiento de céspedes y jardines, y en ambientes acuáticos, como herramienta tecnológica para la eliminación de la vegetación indeseable. En una revisión bibliográfica, la empresa Monsanto señaló entre los efectos del uso del glifosato como herbicida de mercado la posibilidad de adoptar una serie de prácticas conservacionistas del suelo, con la consiguiente reducción de la cantidad de labores mecánicas para el control de malezas, la reducción de la erosión, la disminución del uso de combustibles y una mayor conservación de la humedad del suelo (Wikipedia, 2015).

c. Toxicidad y efectos indeseables. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y la Organización Mundial de la Salud clasificaron en 1993 los herbicidas con glifosato como de baja toxicidad, englobados en la Clase III para exposiciones oral e inhalación en una escala de I (más tóxico) a IV (menos tóxico).

La revisión en 2000 concluyó que, «en las condiciones de uso presente y esperado, no hay posible riesgo de que el herbicida Roundup ponga la salud de los seres humanos en riesgo.

Un estudio del activista antitransgénicos Seralini afirma que las formulaciones y productos metabólicos de Roundup causarían la muerte de embriones, placentas y células umbilicales humanas in vitro incluso en bajas concentraciones (1×10^{-5} veces la concentración

recomendada para el uso). El trabajo ha sido criticado por su metodología, ya que los efectos no son proporcionales a las concentraciones de glifosato, se administraron dosis irreales de surfactante (detergente) en los cultivos celulares y las líneas celulares usadas no eran adecuadas. La editorial que publicó el artículo decidió retirarlo a finales de 2013, frente a las evidentes fallas e inconsistencias metodológicas.

Las decisiones de las autoridades para permitir el empleo de un herbicida se basan en un conjunto de datos toxicológicos representativos del uso real, de manera que puedan esperarse los beneficios del control de malezas sin efectos adversos para personas o para el medio ambiente. En la Unión Europea, la última revisión de este herbicida se llevó a cabo bajo el liderazgo de Alemania, y los resultados aparecen publicados por la Comisión Europea en el Review Report for the Active Substance Glyphosate, donde se concluye que no existen efectos adversos para la salud humana o animal.

El 20 de marzo del 2015, la Organización Mundial de la Salud declaró en Lyon, Francia, que el glifosato es "un probable carcinógeno para los seres humanos" y lo clasificó en el Grupo 2A. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) define el Grupo 1 "como carcinógeno para los seres humanos. El siguiente grupo, el 2A, menos maligno, lo define "como probablemente carcinógeno para el ser humano". También que existe "evidencia limitada" de que el glifosato puede producir linfoma no Hodgkin en los seres humanos, y que hay pruebas "convincientes" de que puede provocar cáncer en animales de laboratorio.

9. Curavial (Sulfometuron Metílico).

a. Generalidades. Retardante de crecimiento que ayuda al agricultor con una cosecha de la caña de azúcar más productiva y rentable. El agricultor tiene una mayor flexibilidad en la gestión del período de cosecha, produciendo más azúcar por hectárea. Curavial es la mejor herramienta para la gestión de la cosecha de la caña de azúcar, con la cual se obtienen más ganancias. Curavial es reconocido por el mercado con la calidad y la credibilidad.

Estos son algunos de los beneficios:

- Maximizar el período de cosecha e industrialización de cultivos.
- Los resultados se ven 30 días después de la aplicación.
- Aumenta el contenido de sacarosa.
- Inhibe la floración de la caña de azúcar.
- No afecta a los disparos desde el tocón.

- No mata la yema apical, la preservación de la calidad de la materia prima.
- Recomendado caña de Dobles y fines de temporada.

b. Tiempo de aplicación. Curavial se debe aplicar entre 40 y 60 días antes del comienzo del corte de cosecha en las plantaciones de caña con al menos nueve meses de la siembra o el último corte.

D. EFECTOS DE LA MADURACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR.

1. Efectos visibles del madurante. A veces, puede notarse 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 diez primeros días que siguen de la aplicación. En otras ocasiones, es seguido por amarillamiento o enrojecimiento de las hojas y del cogollo de la planta. En algunos casos aparecen brotes laterales 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 (Chávez Solera, MA. 1981).

2. Efecto del madurante en la caña. La aplicación de madurante tiene mayor efecto cuando se hace al final del periodo 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 en esta edad el cultivo tiene una mayor madurez obtenida naturalmente (Chávez Solera, MA. 1981).

3. Efectos de los madurantes en la producción. Con la aplicación de madurantes es posible incrementar hasta en un 25% la producción de azúcar. Para que esto ocurra es necesario que el producto disminuya el ritmo de crecimiento de la planta, de tal forma que en el tallo se almacene una cantidad mayor de sacarosa.

Entre el momento de la aplicación y 6 a 12 semanas después, las plantas que reciben dosis adecuadas pueden presentar un crecimiento entre 10 y 25 cm menor al que tendrían si no hubieran recibido dicha aplicación. Si lo anterior tuviera un efecto directo en la producción, se esperarían disminuciones entre 3% y 8% por efecto del madurante; sin embargo, se deben tener en cuenta factores como: El mayor crecimiento de las plantas que no reciben madurantes

se debe, en parte, al desarrollo del cogollo, el cual se deja como residuo en el campo al momento de la cosecha. Por el contrario, los cogollos de las plantas que reciben madurante son más pequeños (Chávez Solera, MA. 1981).

El diámetro de los tallos de las plantas que reciben madurantes y su peso por unidad de longitud tienden a ser mayores, como resultado de la limitación en el crecimiento. El madurante incrementa de manera apreciable el contenido de sacarosa de la tercera parte superior del tallo, lo que justifica un corte más alto al momento de la cosecha.

En plantas sin madurantes el contenido de sacarosa en esta parte del tallo es bajo. Por las razones anteriores, el uso de madurantes no tiene por qué afectar la producción, siempre y cuando la eliminación del cogollo sea adecuada al momento de la cosecha, e inclusive se esperarían mayores producciones de caña cuando aquellos se aplican, si se tiene en cuenta que es mayor la cantidad de tallo útil que se puede cosechar para molienda (Chávez Solera, MA. 1981).

E. INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA.

1. Factores que determinan la calidad por madurez en la caña de azúcar.

a. Contenido de pol. Se define analíticamente hablando, como una solución normal, donde 100°S.equivalen a la rotación óptica de 26 gramos de sacarosa exactos en 100 mililitros de disolución, medidos en un tubo de 200 mm y a 20 °C. De una forma más sencilla, es el porcentaje de sacarosa del jugo del contenido real de azúcar de caña presente en el jugo y es determinado con un polarímetro. (Arcila y Villegas. 1995).

b. Grados brix. Se refieren al contenido de sólidos solubles totales representados por sacarosa, azúcares reductores y otros compuestos presentes en el jugo, expresados como porcentaje. Pueden ser medidos en el campo, en la misma plantación, utilizando un refractómetro manual para Brix. Para esto se perforan varias plantas en el campo y se colecta su jugo para formar una muestra compuesta que será analizada. Luego se pone una gota del jugo compuesto en el refractómetro manual y se hace la medición de grados, dirigiendo hacia la luz el aparato (Arcila y Villegas. 1995).

c. Porcentaje de pureza de la caña. Se refiere al porcentaje de sacarosa respecto al contenido total de sólidos solubles del jugo. Es la relación existente entre el contenido de sacarosa presente en el jugo y el Brix. Una mayor pureza indica que existe un contenido

mayor de sacarosa que de sólidos solubles en el jugo. El porcentaje de pureza junto con el porcentaje de sacarosa ayuda en la determinación de la época de madurez (Arcila y Villegas. 1995). Porcentaje de pureza = (Grados Pol / Grados Brix).

2. Potencial de las variedades de caña para acumulación de sacarosa. Este puede ser determinado por los genetistas a través de un programa de mejoramiento que permite obtener variedades con características requeridas en cada región, por ejemplo, las variedades de Canal Point Clexiston desarrolladas por genetistas en Florida, U.S., poseen alta capacidad de acumulación de azúcar y de ciclo de productividad corto, mientras que variedades desarrolladas en Barbados y Puerto Rico tienen período de crecimiento mucho más largo (Saénz, 2014).

3. Maduración en función de temperatura, luminosidad y edad.

a. Humedad. En el suelo es un factor importante para la maduración de la caña de azúcar. Las relaciones de humedad interna de la caña, es el factor dominante en la síntesis y translocación 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 (Arcila y Villegas. 1995).

Al momento del corte, es necesario reducir el contenido de humedad, esta acción ayuda a mejorar la calidad del jugo. Si hay bajos contenidos de humedad en el suelo, la cantidad de agua en los entre nudos más jóvenes, se disminuye y se reduce el crecimiento en 46 forma gradual, hasta que prácticamente cesa cuando llega el punto de marchitez. Cuando el desarrollo se retarda, se disminuye la demanda de azúcares y éstos se almacenan en los tallos. Al bajar la humedad de los tallos induce a la acumulación de sacarosa y disminuye la conversión de azúcares reductores (Arcila y Villegas. 1995).

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 (Arcila y Villegas. 1995).

c. Luminosidad (radiación). La radiación solar es la principal fuente de energía de las plantas. Éstas utilizan determinadas longitudes de onda (entre 400 y 700 nanómetros, que corresponden al ámbito de radiación fotosintéticamente activa); de esta manera se lleva a cabo el proceso de fotosíntesis y otras reacciones metabólicas. La caña de azúcar pertenece al grupo de plantas que posee un sistema fotosintético C4, capaz de fijar de manera más eficiente. Existen, sin embargo, variedades con mayor capacidad que otras en su eficiencia fotosintética (Subirós, F. 2000). Cuanta mayor radiación exista, mayor será la eficiencia fotosintética, aspecto muy relacionado con la producción y acumulación de carbohidratos. Lo ideal es que, durante todo el ciclo la planta disponga de buena luminosidad. Por lo general, las plantas expuestas a pleno sol producen tallos cortos y gruesos, hojas de mayor longitud y de coloración verde intensa; por el contrario, bajo condiciones de poca luminosidad, los tallos son largos y delgados, las hojas son cortas, angostas y de una tonalidad amarillenta (Subirós, F. 2000).

d. Edad. La edad es una forma natural de reducir la humedad y el nitrógeno en los tallos, los cuales maduran, en óptimas condiciones al llegar a los doce meses de cultivada (Nájera, BG. 1992). A medida que la caña sobrepasa su etapa de crecimiento más efectiva, se desarrolla más lentamente y el cogollo se reduce, los niveles de humedad y nitrógeno bajan y se almacena más azúcar en el tallo.

4. Refractometría. Se denomina refractometría, al método óptico de determinar la velocidad de propagación de la luz en un medio/compuesto/substancia/cuerpo, la cual se relaciona directamente con la densidad de este medio compuesto sustancia cuerpo. Para emplear este principio se utiliza la refracción de la luz, ((la cual es una propiedad física fundamental de cualquier sustancia), y la escala de medición de este principio se llama índice de refracción, Los refractómetros son los instrumentos que emplean este principio de refracción ya sea el de refracción, (empleando varios prismas), o el de Angulo crítico, (empleando solo un prisma), y su escala primaria de medición es el índice de refracción, a partir de la cual se construyen las diferentes escalas específicas, Brix (azúcar), Densidad Específica, % sal, etc. Los refractómetros se utilizan para medir en líquidos, sólidos y gases, como vidrios o gemas (Wikipedia, 2015).

5. Polimetría. El porcentaje de sacarosa del jugo es el contenido real de azúcar de caña presente en el jugo. Se determina con un polarímetro, de ahí que el porcentaje de sacarosa también sea llamado como Porcentaje POL. En la actualidad existe un instrumento llamado sucrolizador, que también determina el porcentaje de sacarosa en el jugo (NETAFIN, 2015).

6. Porcentaje de jugo de caña. Es el volumen de jugo derivado de un peso conocido de caña de azúcar, el cual se obtiene luego de la trituración completa de determinada cantidad de fibra de caña de azúcar (Monterroso, 2015).

7. Libras de azúcar por tonelada. Es la cantidad de azúcar expresada en libras que se derivan de una tonelada de peso que se obtiene de caña con base al porcentaje de jugo, el porcentaje de POL y a la eficiencia industrial que determinadas organizaciones tienen (Monterroso, 2015).

V. MARCO METODOLÓGICO

A. HIPÓTESIS

1. **Alternativa.** Al menos un tratamiento presenta diferencia significativa en la variable determinada.

2. **Nula.** Ningún tratamiento presenta diferencia significativa en la variable determinada.

B. TRATAMIENTOS

1. Descripciones de los tratamientos.

- Los productos químicos que fueron evaluados son Roundup y Curavial.
- Se establecieron tres tratamientos con seis repeticiones cada uno.
- Las dosis utilizadas fueron las recomendadas por las casas comerciales.

Las descripciones de los tratamientos son las siguientes:

Tabla 4 Descripción de los tratamientos de la investigación

Tratamientos	Repetición	Producto	Dosis
T1	1	Curavial WG	25 Gr/Ha
	2	Curavial WG	25 Gr/Ha
	3	Curavial WG	25 Gr/Ha
	4	Curavial WG	25 Gr/Ha
	5	Curavial WG	25 Gr/Ha
	6	Curavial WG	25 Gr/Ha
T2	1	Round Up SL	1.10 Lt/Ha
	2	Round Up SL	1.10 Lt/Ha
	3	Round Up SL	1.10 Lt/Ha
	4	Round Up SL	1.10 Lt/Ha
	5	Round Up SL	1.10 Lt/Ha
	6	Round Up SL	1.10 Lt/Ha

Continuación tabla 4

Tratamientos	Repetición	Producto	Dosis
T3	1	Testigo	Sin Aplicación
	2	Testigo	Sin Aplicación
	3	Testigo	Sin Aplicación
	4	Testigo	Sin Aplicación
	5	Testigo	Sin Aplicación
	6	Testigo	Sin Aplicación

2. Formulación de la mezcla de productos a aplicar.

a. Roundup. Agua 21 lts/ha (4.5pH)+Roundup 1.10 lts/ha+ bivert (encapsulante) 25% de la dosis + Trifol Plus (acidificante) 2.0 CC/LT + adherente.

Primero se diluye el Trifol Plus en un tanque de agua apto a la capacidad especificada anteriormente vacía esta mezcla en el tanque de agua que ya contiene Trifol Plus; así el producto está listo para ser aplicado., luego se mezcla Roundup y Bivert en un recipiente diferente (Cubetas) y para finalizar se

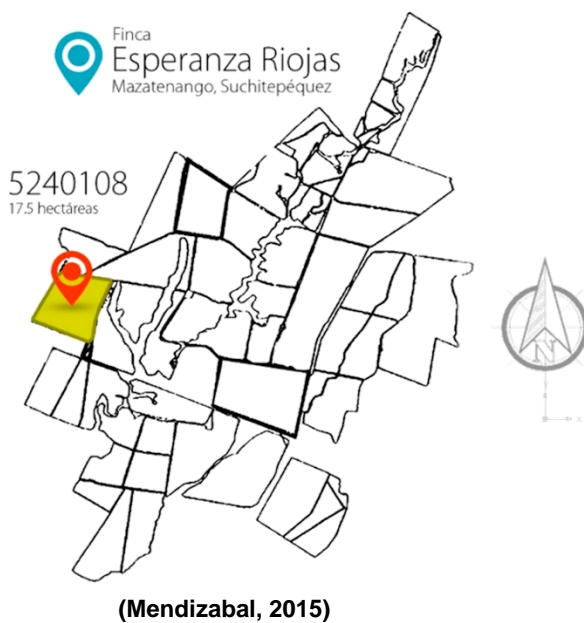
b. Curavial. Agua (5.5pH) 21 lts/ha + Curavial 25 gr/ha + bivert (encapsulante) 150 ml/ha + Trifol Plus (acidificante) 2.0 CC/LT + adherente.

Primero se diluye Curavial en 10 litros de agua por 5 minutos en un recipiente (Cubeta), luego se diluye Trifol Plus en un tanque de agua apto a la capacidad especificada anteriormente, luego a la mezcla de Curavial previamente hecha se le agrega Bivert y para finalizar esta mezcla se vacía en el tanque de agua que ya contiene Trifol Plus; así el producto está listo para ser aplicado.

C. DISPOSICIÓN ESPACIAL DEL ENSAYO

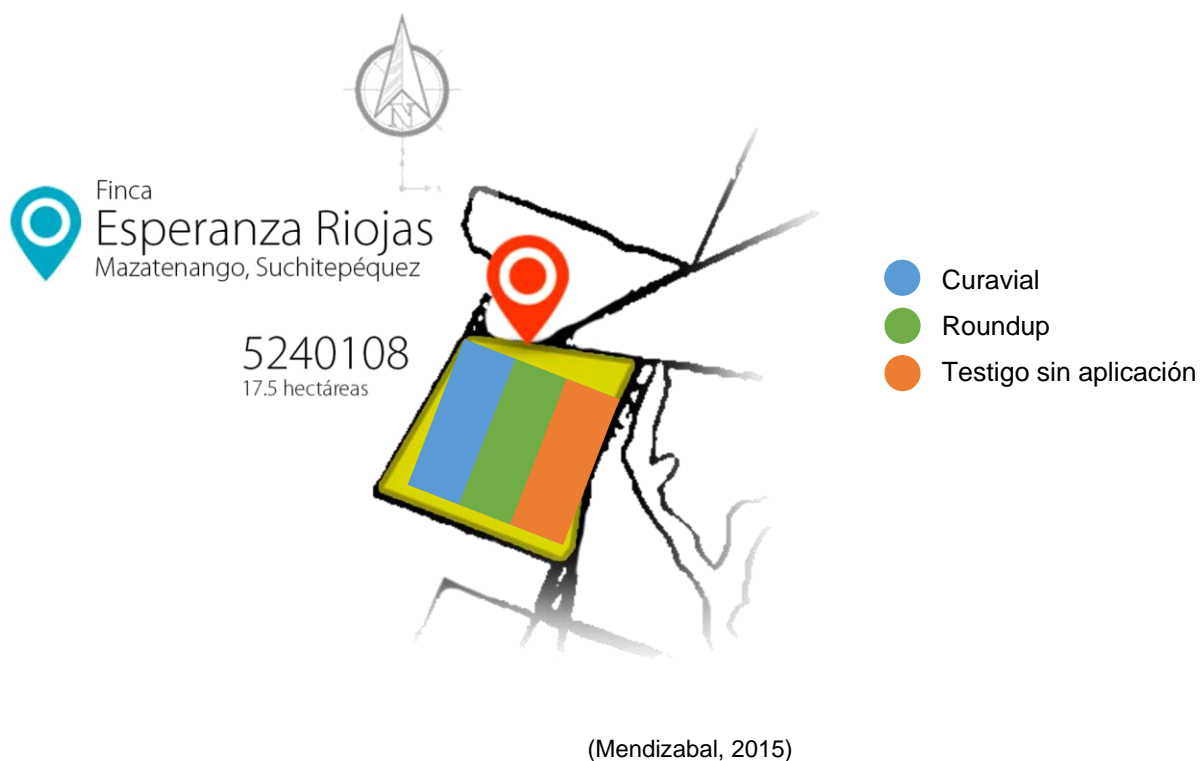
1. Lote de experimentación. El lote asignado por *Ingenio Magdalena S. A.* para llevar a cabo la investigación fue el número 5240108 con 17.05 ha. De terreno, el lote fue identificado con este número por la administración de Finca Esperanza Riojas, Mazatenango, Suchitepéquez e *Ingenio Magdalena S. A.* y dentro de este, se hicieron franjas para marcar bien el espacio de la aplicación de cada tratamiento.

Ilustración 3: Mapa de la finca de la ubicación del lote experimental de la investigación.



2. Croquis del ensayo y distribución de tratamientos.

Ilustración 4: Croquis del ensayo y distribución de los tratamientos.



D. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN

1. Aplicación de cada tratamiento.

- La aplicación se hizo de forma aérea con un helicóptero ancho de faja de 16 metros con capacidad de carga de 100 galones y una descarga de 6 galones por hectárea (21 litros de agua /ha), lo cual también es el volumen agua utilizado siempre en aplicación área de *Ingenio Magdalena S. A.* Para cada tratamiento, el helicóptero también incluyó un sistema de mapeo, el cual indicó el lote a aplicar y el producto correspondiente al tratamiento.
- El equipo estaba previamente calibrado por personal de *Ingenio Magdalena S. A.* (Esto debido a políticas de la empresa).
- La aplicación se realizó en las primeras horas de la mañana, ya que en este lapso de tiempo no hubo una corriente de viento tan fuerte que pudiera desviar el producto aplicado.
- Por cada tratamiento se hicieron tres líneas de vuelo para cubrir todo el ancho y largo del lote de experimentación.
- Una línea de vuelo de helicóptero es de 16 a 18 metros lineales.

2. Calibración del equipo de aplicación. Este proceso es realizado por el personal de *Ingenio Magdalena S. A.*

- Se estacionó el equipo en un área plana y se marcó la posición de los patines del equipo.
- Se depositó 50 galones de agua al tanque de la aeronave (helicóptero).
- Se adicionó un colorante (azul de metileno).
- Se midió y se marcó 500 metros sobre la pista o lote conocido.
- Se colocó una banda blanca atravesada en el área ya marcada.
- La aeronave realizó una aspersión simulada sobre la banda blanca.
- Cuando la aeronave aterrizó se vació el tanque para obtener el volumen de agua aplicada.
- Se midió el ancho de cubrimiento del producto asperjado sobre la banda blanca.

3. Periodicidad de los muestreos. Los muestreos se realizaron ocho veces a cada tratamiento en las fechas del 22 de octubre de 2015 al 7 de diciembre de 2015 (Para mayor referencia véase la Tabla 5: Plan de trabajo de la investigación).

4. Metodología de muestreo.

- Por cada tratamiento fueron seleccionados al azar seis puntos específicamente en los cuales el muestreo se realizó en un metro lineal.

- Las cañas maduras se estimaron de acuerdo a un mismo número de entrenudos para que tuvieran similar edad fisiológica y reducir la variabilidad en los datos.
- Luego las muestras de cañas maduras fueron llevadas en paquetes al laboratorio de caña de *Ingenio Magdalena S. A.* para que se pudieran tomar las variables de porcentaje de jugo, Brix, Pol y Rendimiento (Libras de Azúcar por Tonelada), las cuales a su vez nos indicaron qué tratamiento realizó un mayor efecto en la maduración eficaz de caña de azúcar.

5. Método de evaluación. Se utilizaron fajas al azar con tres tratamientos, cada parcela constó de tres líneas de vuelo de 16 metros de ancho por el largo del surco (400 metros).

E. VARIABLES DE RESPUESTA

1. Porcentaje de jugo (%). Este dato se obtuvo luego de haber cosechado la caña de azúcar y trasladado a fábrica, pasando por el proceso de separación de jugo y bagazo, luego de esto, se tomaron los datos del porcentaje de jugo teniendo en cuenta que el dato de porcentaje era por cada tratamiento.

2. Grados brix. Este dato se determinó en el laboratorio de caña de *Ingenio Magdalena S. A.* con un refractómetro y con base a los paquetes de muestreos llevados y nos indicó la eficiencia de cada tratamiento en relación a la concentración de sólidos disueltos en el jugo de los entrenudos del cultivo.

3. Porcentaje de pol (%). Este dato se determinó en el laboratorio de caña de *Ingenio Magdalena S. A.* con base a los paquetes de muestreo llevados y nos indicó la eficiencia de cada tratamiento en relación a la concentración de sacarosa presente en el jugo de los entrenudos del cultivo.

4. Libras de azúcar por tonelada (LbAz/Ton). Este dato se determinó luego del proceso de cuantificación y nos indicó que tratamiento realiza un mayor efecto en la maduración eficaz de caña. Es el resultado de multiplicar la medida de peso por él % de jugo por él % de Pol por la eficiencia industrial, la cual en *Ingenio Magdalena S. A.* es de 0.79.

F. DELIMITACIONES

- La investigación se limitó a trabajar durante un periodo de ocho semanas en las cuales se evaluarán la posibilidad de sustituir a Roundup (Madurante utilizando en *Ingenio Magdalena S.*

A.) por Curavial y se realizó en este periodo de tiempo debido a que es lo suficiente para la maduración de la caña de azúcar al aplicar un madurante.

- La plantación de caña de azúcar se encontraba en una edad fenológica de 10 meses, lo cual no permitió evaluar aspectos de desarrollo del cultivo en sus primeros 10 meses.

G. PLAN DE TRABAJO

Tabla 5 Plan de trabajo de la investigación

Actividad	Octubre	Noviembre	Diciembre
Primer muestreo previo a la aplicación (%POL, %Brix, %Pureza)	*10		
Primera aplicación	*17		
Muestras después de la aplicación de los madurantes (Curavial y Roundup)	*22 - *26	*2	
Segunda aplicación		*5	
Muestras después de la aplicación de los madurantes (Curavial y Roundup)		*9 - *16 - *23 - *30	*8

* Fecha específica de cada mes del año 2015.

H. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó en el programa Excel, Office 2010 un análisis de Estadística Descriptiva tomando los datos obtenidos en el último muestreo de cada tratamiento (Muestreo 8, Fecha 7 de Diciembre de 2015) para determinar las variables:

- S = Desviación estándar.
- CV = Coeficiente de variación.

Esto con el objetivo de evaluar las diferencias numéricas de los resultados de cada tratamiento en dicho muestreo, además para tener mayor seguridad del análisis de los resultados, se realizó en el programa Infostat, versión libre un ANOVA para cada variable y una prueba de medias de Tukey (alfa = 0.10) para comprobar si existía diferencia estadística significativa entre los resultados obtenidos de los tratamientos y sus respectivas variables. Luego con el resultado de ambos análisis, se procedió a la discusión de resultados.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

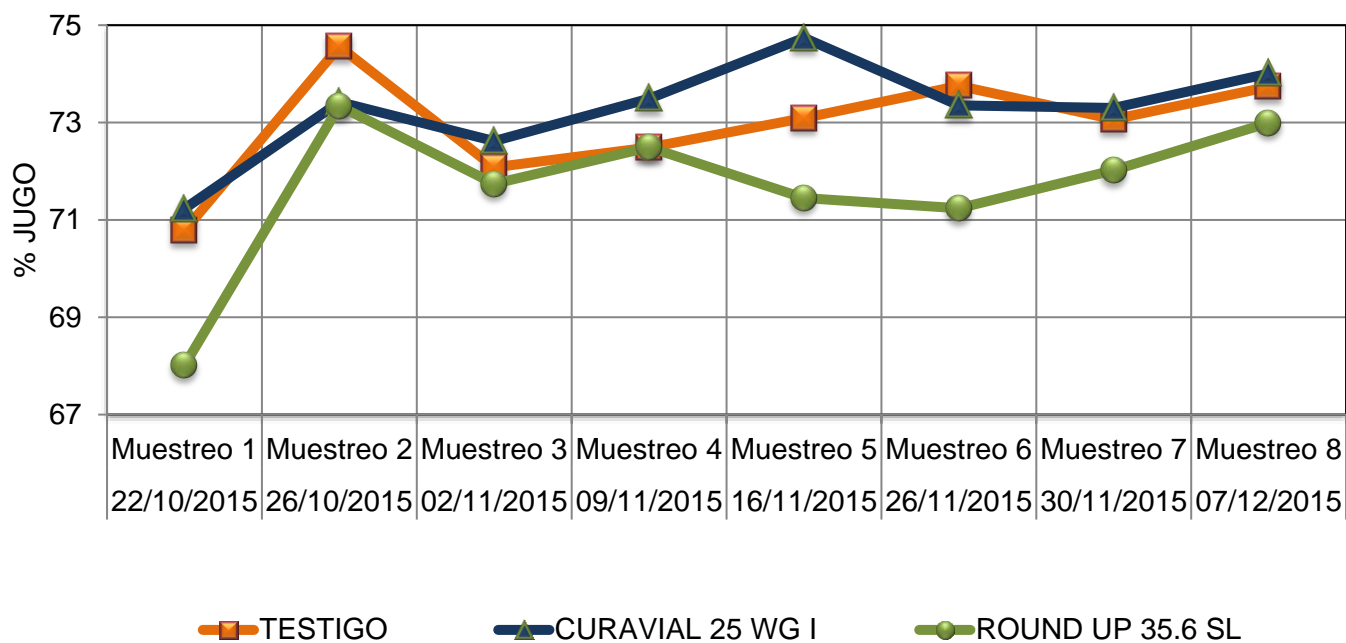
Para la variedad CP72 2086 en Finca Esperanza Riojas (Mazatenango Suchitepéquez, 300msnm) en los meses de octubre a diciembre para el suelo de la finca (textura franco arcillosa), bajo condiciones de humedad saturada (Mayor a capacidad de campo), sin ser bajo (Condición de anegamiento), se discuten los siguientes resultados:

A. PORCENTAJE (%) DE JUGO

1. Gráfico de resultados promedio del porcentaje de jugo en los tres tratamientos.

Gráfico 2: Porcentaje de jugo de los ocho muestreos.

ZAFRA 2015-2016, MADURANTES **PORCENTAJE DE JUGO**, FINCA ESPERANZA RIOJAS, LOTE 5240108, VARIEDAD CP72-2086 1a. APLIC. 17/10/2015 2da.APLIC. 05/11/2015



2. Resumen del análisis estadístico de resultados de porcentaje de jugo.

Tabla 6: Resumen análisis estadístico para muestreo ocho (01/12/2015) en la variable porcentaje de jugo.

Resumen análisis estadístico para muestreo ocho (07/12/2015) en la variable porcentaje de jugo.						
TRATAMIENTO.	PRODUCTO.	% JUGO.	S.	CV.	DIFERENCIAL.	TUKEY*.
T1:	Curavial 25 WG	74,01	1,39	1,88	0,00	A
T3:	Testigo (Sin aplicar)	73,73	1,21	1,65	0,28	A
T2:	Round Up 35.6 SL	72,99	1,01	1,38	1,02	A

*El resultado de la prueba de medias de Tukey indicó que no hay diferencia estadística significativa (Medias con una letra común no son significativamente diferentes) en ninguno de los tratamientos con relación al porcentaje de jugo ($\alpha=0.10$ y $p\text{valor}=0.3874$), por lo tanto se acepta la Hipótesis Nula (para mayor referencia véase la tabla 15 en los anexos sobre la prueba de Tukey completa para esta variable).

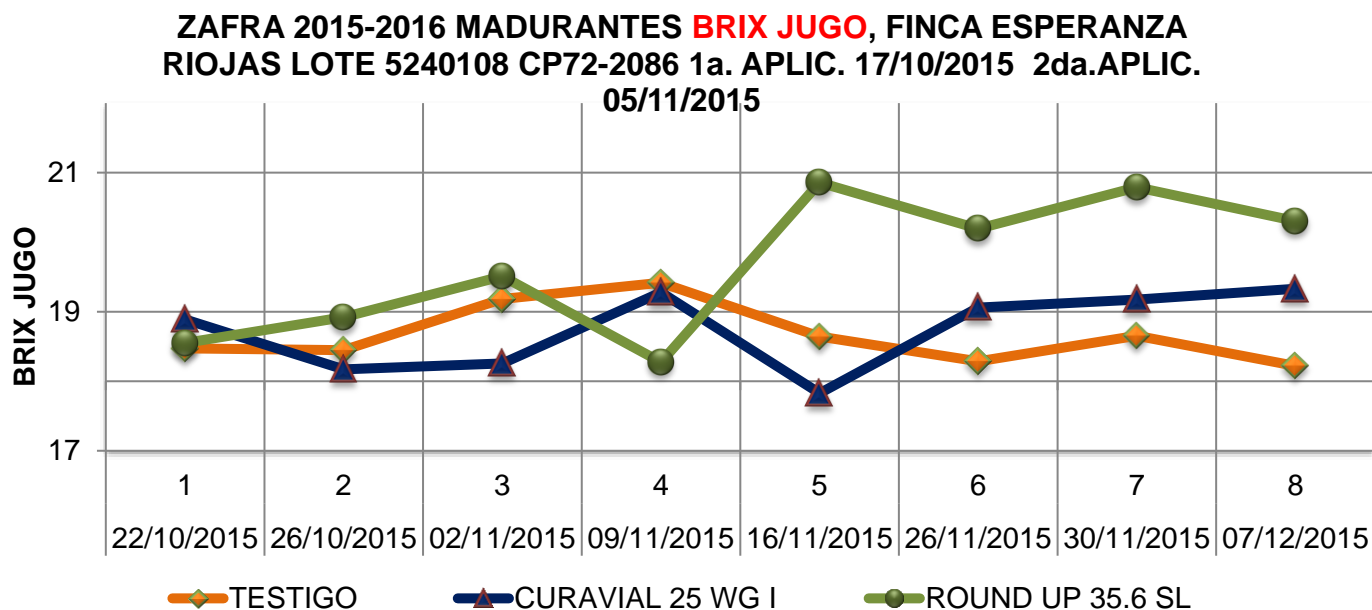
3. Discusión. El análisis de estadística descriptiva (Véase el resumen de este en la Tabla 6) indicó que el porcentaje de jugo contenido en la caña que estuvo bajo la aplicación de Roundup es mucho más bajo que el porcentaje de jugo de la caña que estuvo bajo la aplicación de Curavial y el Porcentaje de Jugo contenido en la caña que no tuvo aplicación de algún tratamiento (Véase Gráfico 2 del porcentaje de jugo), sin embargo la prueba de medias de Tukey indicó que la variación existente no es estadísticamente significativa (Véase resumen de este análisis en la Tabla 6 y el análisis completo en la Tabla 19 en los anexos).

A pesar de ello, dichas variaciones numéricas resultantes del análisis de estadística descriptiva pudieron haberse dado así porque la aplicación de Curavial retarda un poco menos el crecimiento de la caña que Roundup, el cual juega un papel más como inhibidor de crecimiento, por tanto la caña bajo la aplicación de Roundup crece muchísimo menos y por ello el menor porcentaje de jugo para este tratamiento, por otro lado se deduce que esto puede afectar de algún modo la producción de azúcar ya que es necesaria más cantidad de biomasa para producir determinada cantidad de la misma. Por lo anterior, el producto que mejor efecto tiene en esta Variable es Curavial.

B. SÓLIDOS SOLUBLES (GRADOS BRIX) EN EL JUGO.

1. Gráfico de resultados promedio de BRIX Jugo en los tres ratamientos.

Gráfico 3: BRIX jugo de los ocho muestreos.



2. Resumen del análisis estadístico de resultados de BRIX jugo.

Tabla 7: Resumen análisis estadístico para muestreo ocho (07/12/2015) en la variable BRIX jugo.

Resumen análisis estadístico para muestreo ocho (07/12/2015) en la variable BRIX jugo.						
TRATAMIENTO.	PRODUCTO.	BRIX JUGO.	S.	CV.	DIFERENCIAL.	TUKEY*.
T2:	Round Up 35.6 SL	20.30	0.63	3.09	0.00	A
T1:	Curavial 25 WG	19.33	0.61	3.13	0.97	B
T3:	Testigo (Sin aplicar)	18.22	1.27	6.95	2.08	B

*El resultado de la prueba de medias de Tukey indicó que hay diferencia estadística significativa (Medias con una letra común no son significativamente diferentes) en la aplicación de Roundup con relación al BRIX en el jugo de caña (alfa=0.10 y pvalor=0.0027) versus los otros tratamientos, por lo tanto se acepta la Hipótesis Alternativa (para mayor referencia véase la tabla 16 en los anexos sobre la prueba de Tukey completa para esta variable).

3. Discusión. El análisis de estadística descriptiva indicó que en relación a la cantidad de sólidos disueltos en el jugo de caña (BRIX Jugo), la aplicación de madurantes es mejor que él no aplicarlos y entre aplicar Curavial a aplicar Roundup hay una pequeña diferencia a favor de Roundup, la cual la prueba de medias de Tukey indicó que si es estadísticamente significativa.

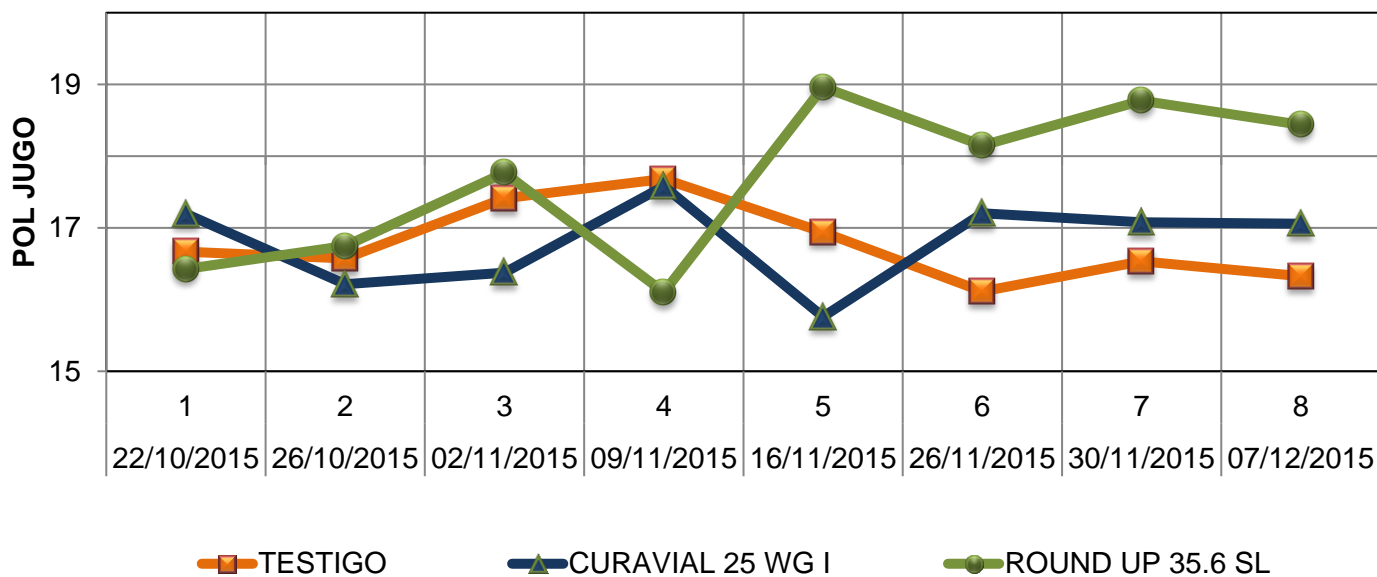
Esto pudo haberse dado así debido a que el fin de la aplicación de un madurante es retardar o inhibir el crecimiento (Dependiendo del producto) para bajar la cantidad de jugo en la caña de azúcar y así generar una mayor concentración de sólidos disueltos en este, por ello, resulta mejor aplicar madurante versus el no hacerlo y la pequeña diferencia entre la aplicación de Curavial versus Roundup puede ser debido a que este último retarda muchísimo más el crecimiento que el primero y por ende generará una mayor concentración de BRIX en el jugo de caña.

C. NIVEL DE AZÚCAR (POL) EN EL JUGO.

1. Gráfico de resultados promedio del POL jugo en los tres tratamientos.

Gráfico 4: POL de jugo de los ocho muestreos.

ZAFRA 2015-2016 MADURANTES **POL JUGO**, FINCA LA ESPERANZA
RIOJAS, LOTE 5240108 CP72-2086 1a. APLIC. 17/10/2015 2da.APLIC.
05/11/2015



2. Resumen del análisis estadístico de resultados de la variable POL jugo.

Tabla 8: Resumen análisis estadístico para muestreo ocho (07/12/2015) en la variable POL jugo.

Resumen análisis estadístico para muestreo 8 (07/12/2015) en la variable POL Jugo.						
TRATAMIENTO.	PRODUCTO.	POL JUGO.	S.	CV.	DIFERENCIAL.	TUKEY*.
T2:	Round Up 35.6 SL	18,44	0,62	3,35	0,00	B
T1:	Curavial 25 WG	17,06	0,48	2,84	1,38	A
T3:	Testigo (Sin aplicar)	16,33	1,48	9,04	2,11	A

*El resultado de la prueba de medias de Tukey indicó que si hay diferencia estadística significativa (Medias con una letra común no son significativamente diferentes) en la aplicación de Roundup con relación al POL en el jugo de caña (alfa=0.10 y pvalor=0.0087) versus los otros tratamientos, por lo tanto se acepta la Hipótesis Alterna (para mayor referencia véase la Tabla 17 en los anexos sobre la prueba de Tukey completa de esta variable).

3. Discusión. El análisis de estadística descriptiva indicó que en relación a la cantidad de sacarosa en el jugo de caña (POL Jugo), la aplicación de madurantes es mejor que él no aplicarlos y entre aplicar Curavial a aplicar Roundup hay una pequeña diferencia a favor de Roundup, la cual la prueba de medias de Tukey indicó que si es estadísticamente significativa.

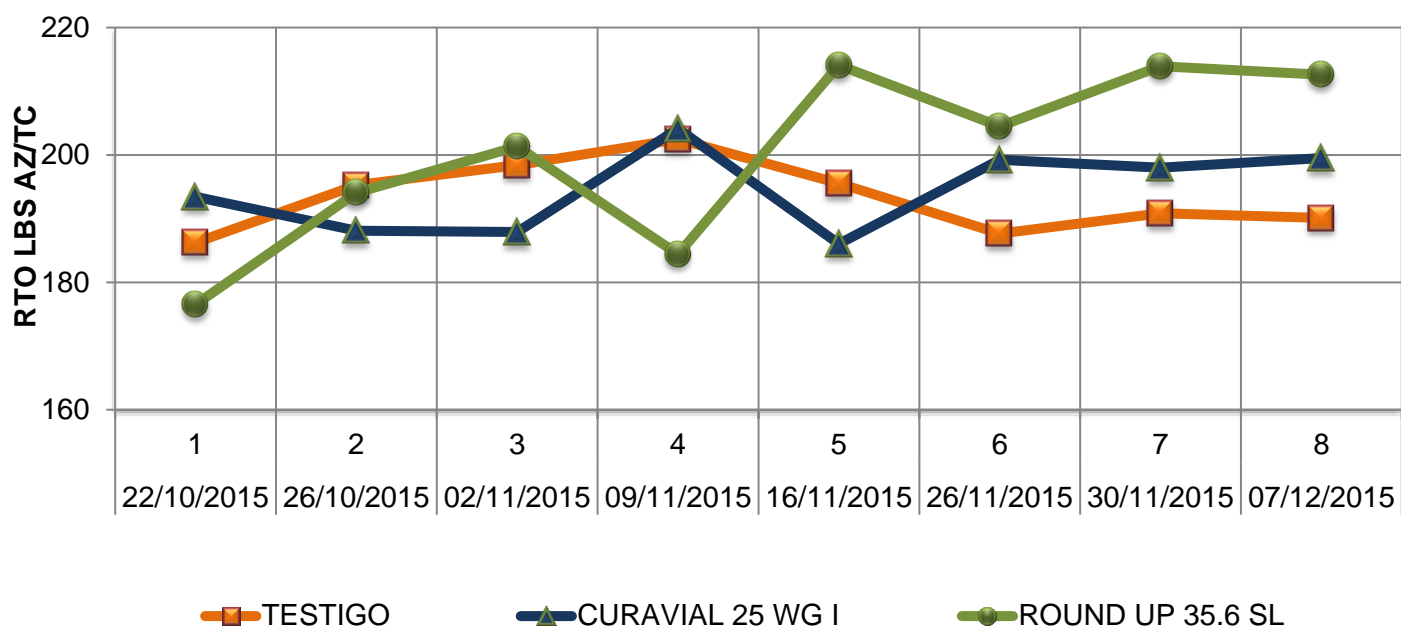
Debido a que el contenido de POL en el jugo (Sacarosa) proviene luego de la medición del contenido de BRIX del mismo, los resultados obtenidos en esta variable (POL en el jugo) al igual que las causas deducidas por las cuales se obtuvieron dichos resultados, son similares a los de la variable BRIX jugo. Esto refleja que no hay variabilidad de la variable POL Jugo respecto a la de BRIX en el jugo, ya que la variable de POL Jugo se consideró solo para comprobar eso mismo, esto debido a que la sacarosa es una de las variables más prioritariamente importante en la producción de azúcar y si se ve afectada puede generar grandes pérdidas.

D. LIBRAS DE AZÚCAR POR TONELADA DE CAÑA (LBS AZ/TC).

1. Gráfico de resultados promedio de las LBS AZ/TC en los tres tratamientos.

Gráfico 5: LBS AZ/TON de los ocho muestreos.

ZAFRA 2015-2016 MADURANTES **LBS AZ/TON**, FINCA ESPERANZA RIOJAS
 LOTE 5240108 CP72-2086 1a. APLIC. 17/10/2015 2da.APLIC. 05/11/2015



2. Resumen del análisis estadístico de resultados de la variable LBS AZ/TON.

Tabla 9: Resumen análisis estadístico para muestreo ocho (07/12/2015) en la variable LBS AZ/TON.

Resumen análisis estadístico para muestreo 8 (07/12/2015) en la variable LBS AZ/TON.						
TRATAMIENTO.	PRODUCTO.	LBS AZ/TON.	S.	CV.	DIFERENCIAL.	TUKEY*.
T2:	Round Up 35.6 SL	212.61	7.03	3.31	0.00	B
T1:	Curavial 25 WG	199.51	8.20	4.11	13.10	AB
T3:	Testigo (Sin aplicar)	190.11	16.40	8.63	22.50	A

*El resultado de la prueba de medias de Tukey indicó que hay diferencia estadística significativa (Medias con una letra común no son significativamente diferentes) en la aplicación de Roundup con relación las LBS AZ/TON de caña (alfa=0.10 y pvalor=0.0225) versus el no aplicar madurantes pero la aplicación de Roundup versus la aplicación de Curavial no tiene diferencia estadística significativa, por lo tanto se acepta la Hipótesis Alternativa (para mayor referencia véase la Tabla 18 en los anexos sobre la prueba de Tukey completa de esta variable).

3. Discusión. La aplicación de madurantes presenta un mejor efecto con diferencia estadística significativa en las libras de azúcar obtenidas por tonelada de caña versus el no aplicarlos y no hay diferencia significativa entre la aplicación de ambos madurantes.

Esto puede ser debido a que e ambos tienen la misma función en el cultivo (Inhibir o retardar el crecimiento), además hay que considerar el dato de la eficiencia industrial utilizado en *Ingenio Magdalena S. A.* (0.79), si este dato fuese diferente podríamos obtener distintos resultados.

E. ANÁLISIS COMPARATIVO SULFOMETURON METÁLICO VERSUS GLIFOSATO.

Tabla 10: Análisis comparativo de ventajas y desventajas (Curavial versus Roundup).

ANÁLISIS COMPARATIVO CON BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS SULFOMETURON METÁLICO VERSUS GLIFOSATO				
Variable	CURAVIAL (SULFOMETURON METÁLICO)		Roundup (Glifosato)	
	Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Porcentaje de jugo	Retarda el crecimiento y concentra la sacarosa mejor versus Roundup y el testigo sin aplicación.	Conlleva un costo de inversión para su aplicación.	Retarda el crecimiento concentrando más el nivel de sacarosa y por tanto genera una mayor producción de azúcar.	A parte de que conlleva un costo de inversión para su aplicación, este Inhibe fuertemente el crecimiento del cultivo generando mayores pérdidas de porcentaje de jugo versus Curavial e incluso el testigo sin aplicación.

Continuación tabla 10

Variable	CURAVIAL (SULFOMETURON METÁLICO)		Roundup (Glifosato)	
	Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Grados BRIX	Al disminuir el % de Jugo, este concentra más los sólidos disueltos en el jugo versus el testigo sin aplicación.	Conlleva un costo de inversión para su aplicación y a pesar de que su aplicación es mejor que no hacerla, Roundup tiene mayor concentración de sólidos disueltos en el jugo de caña.	Al disminuir el % de Jugo generando un crecimiento menor en el cultivo en comparación de Curavial, este concentra más los sólidos disueltos en el jugo versus el testigo sin aplicación e incluso versus Curavial.	Conlleva un costo de inversión para su aplicación.
% POL	Al concentra más los sólidos disueltos en el jugo, este también concentra más el nivel de sacarosa en el jugo de caña versus el testigo sin aplicación.	Conlleva un costo de inversión para su aplicación y a pesar de que su aplicación es mejor que no hacerla, Roundup tiene mayor concentración de sólidos disueltos en el jugo de caña.	Al concentrar más los sólidos disueltos en el jugo versus el testigo sin aplicación e incluso versus Curavial, este por ende concentra más el nivel de sacarosa en el jugo de caña que Curavial.	Conlleva un costo de inversión para su aplicación.
LBS AZ/TON DE CAÑA	En relación a la eficiencia de Curavial con las variables anteriores, este presenta mejores efectos en las libras de azúcar por tonelada de caña versus el testigo sin aplicación y versus Roundup no presentó diferencias	Conlleva un costo de inversión para su aplicación.	En relación a la eficiencia de Roundup con las variables anteriores, este presenta mejores efectos en las libras de azúcar por tonelada de caña versus el testigo sin aplicación.	Conlleva un costo de inversión para su aplicación.

Continuación tabla 10

significativas.

Variable	CURAVIAL (SULFOMETURON METÁLICO)		Roundup (Glifosato)	
	Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
AMBIENTE	Tiene un menor efecto en el rebrote de caña y tiene una menor inhibición de crecimiento en comparación de Roundup.	Con una mala aplicación se pueden afectar cultivos vecinos y las aguas subterráneas o ríos.	Inhibe el crecimiento de cultivos, lo cual para cultivos como la caña de azúcar puede ser muy útil para concentrar más la sacarosa, variable importante para la producción de azúcar.	Con una mala aplicación se pueden afectar cultivos vecinos y las aguas subterráneas o ríos.
SALUD HUMANA	Es un producto que no ha sido declarado como causante de enfermedades como el cáncer.	Con una mala aplicación el producto daña la salud ya que es tóxico.	Ha sido declarado como un producto que no es altamente tóxico (De línea verde).	Con una mala aplicación el producto daña la salud ya que es tóxico y ha sido declarado por la OMS como cancerígeno.

VII. CONCLUSIONES

- La aplicación de madurantes presentó mejores efectos (Sin una diferencia estadística significativa) en cuanto al porcentaje de jugo de la caña versus el no aplicarlos, pero el porcentaje de jugo de la caña bajo la aplicación del madurante Curavial 25 WG presenta mejores efectos (También sin una diferencia estadística significativa) que bajo la aplicación del madurante Roundup 35.6 SL, lo que evidencia que Curavial tiene mejores efectos en relación a esta variable versus Roundup y el testigo sin aplicación.
- La aplicación de madurantes en caña de azúcar contribuye a la estabilización del contenido de sólidos disueltos en el jugo de caña de azúcar al retardar el crecimiento o elongación de los entrenudos, lo cual concentra más dichos componentes.
- Aplicar madurantes presenta mejores efectos (Con diferencia estadística significativa) en cuanto a la cantidad de sólidos disueltos (BRIX) y la cantidad de sacarosa (POL) en el jugo de la caña de azúcar versus el no aplicarlos, pero la caña bajo la aplicación de Roundup 35.6 SL presenta aún mejores efectos (También con diferencia estadística significativa) que la que estuvo bajo la aplicación de Curavial 25 WG, lo que evidencia que Roundup tiene mejores efectos en relación a estas variables versus Curavial y el testigo sin aplicación.
- La aplicación de madurantes al disminuir el porcentaje de jugo para concentrar más los sólidos disueltos en este, hace que sea necesaria más cantidad de biomasa para producir determinada cantidad de azúcar, lo cual afecta irremediablemente otras variables como las toneladas de azúcar por hectárea (TCH).
- Aplicar madurantes presenta mejores efectos en cuanto a las libras de azúcar obtenidas por hectárea de caña (LBS AZ/TON) versus el no hacerlo (Con diferencia estadística significativa) y la aplicación de Roundup y Curavial no presentó ninguna diferencia estadísticamente significativa en relación al ambiente, lo que evidencia que Curavial si puede sustituir a Roundup ya que este último tiene drásticos efectos en el ambiente y la salud humana.
- La aplicación de Curavial 25 WG presenta mejores efectos bajo condiciones de exceso de lluvia o humedad (Mayor a Capacidad de Campo) versus la aplicación de Roundup 35.6 SL la cual presenta mejores efectos en condiciones de menor humedad o de sequía

VIII. RECOMENDACIONES

- Evaluar otros productos madurantes versus Roundup o bien llevar a cabo otras investigaciones similares a la presente, pero en lugares con distinto tipo de suelo, Temperatura precipitación y msnm.
- Medir adecuadamente la variable de las toneladas de caña por hectárea (TCH) en evaluaciones posteriores de investigaciones similares, para evitar el tener mermas con el producto seleccionado a aplicar y el fin que se tenga. (Véase datos de peso de tortas, Gráfico 7 y Tabla 23).
- Realizar evaluaciones similares pero cambiando variables como la cantidad de repeticiones y muestreos; y su ubicación, lo cual posiblemente puede generar resultados distintos.
- Que *Ingenio Magdalena S. A.* pueda tener una consideración al respecto de utilizar Curavial como alternativa al uso de Roundup en la aplicación de la finca Esperanza Riojas ya que al final, la aplicación de Curavial no presenta un diferencia estadística significativa mayor que la de Roundup en cuanto a la producción de azúcar, por tanto al ser similares sus resultados, el ingrediente activo de Curavial (Sulfometuron Metílico) hasta el momento es una partícula más amigable con el ambiente y la salud humana (que incluso no ha sido declarada como causante del cáncer o cualidades dañinas similares) en comparación con el Glifosato (Ingrediente activo de Roundup), por tanto sí podría sustituir a este último.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. AGROTOXICOS, L. R., 2015. *LA REL AGROTOXICOS*. [En línea]
Available at: <http://www6.rel-uita.org/old/agrotoxicos/Efectos%20sobre%20la%20salud.htm>
[Último acceso: 6 11 2015].
2. Anon., 2015. *Wikipedia*. [En línea]
Available at: <https://es.wikipedia.org/wiki/Glifosato>
3. Anon., s.f. s.l.: s.n.
4. Argentina, U. d. N., 1998-2013. *Hipertextos del área de biología*. [En línea]
Available at: [Compuestos químicos que retrasan la activación del meristema subapical responsable de la elongación de los tallos, no afecta de igual manera al meristema apical. Son principalmente derivados de cuatro grupos: Carbamatos \(AMO 1618\), derivados del ácido fos](#)
[Último acceso: 12 11 2015].
5. Asazgua, 2012. *Asazgua*. [En línea]
Available at: <http://www.azucar.com.gt/index.html>
[Último acceso: 10 Noviembre 2015].
6. ASAZGUA, 2015. *ASAZGUA*. [En línea]
Available at: <http://www.azucar.com.gt/>
[Último acceso: 5 11 2015].
7. Cengicaña, s.f. *Cengicaña*. [En línea]
Available at: <http://www.cengicana.org/es/programas/agronomia/malezas-y-madurantes>
[Último acceso: 8 11 2015].
8. DONIS, V. E. E., 2004. . *ANALISIS TÉCNICO-ECONOMICO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR PIVOTE CENTRAL Y UN MODULO DE RIEGO POR ASPERSION MOVIL EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarun L.), EN INGENIO LA UNION S.A., ESCUINTLA, GUATEMALA*: s.n.
9. DONIS, V. E. E., 2004. *ANALISIS TÉCNICO-ECONOMICO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR PIVOTE CENTRAL Y UN MODULO DE RIEGO POR ASPERSION MOVIL EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarun L.), EN INGENIO LA UNION S.A., ESCUINTLA, GUATEMALA*: s.n.
10. DOUPONT, s.f. *DOUPONT*. [En línea]
Available at: <http://www.dupont.com.br/produtos-e-servicos/protecao-cultivos/plantacao-de->

- cana-de-acucar/productos/curavial-regulador-vegetal-maturador.html
[Último acceso: 12 diciembre 2015].
11. Headquarters, C., 2014. *NETAFIN, CAÑA DE AZÚCAR*. [En línea]
Available at: http://www.sugarcancrops.com/s/agronomic_practices/pests_diseases/
[Último acceso: 11 noviembre 2015].
 12. Mendizabal, J. L. T., 2015. *Conocimientos generales* [Entrevista] (3 11 2015).
 13. Monterroso, E. R. S., 2015. *Ing. Agr.* [Entrevista] (2 12 2015).
 14. Mundochapin.com, 2015. *Mundochapin.com*. [En línea]
Available at: <http://mundochapin.com/2012/01/el-trapiche-museo-regional-de-san-jeronimo-baja-verapaz/3178/>
[Último acceso: 1 3 2016].
 15. NETAFIN, 2015. *NETAFIN*. [En línea]
Available at:
http://www.sugarcancrops.com/s/agronomic_practices/harvesting_management/
[Último acceso: 4 11 2015].
 16. Net, E. P., 2015. *Eco Porta Net*. [En línea]
Available at: http://www.ecoportal.net/Temas-Especiales/Salud/Toxicologia_del_Glifosato_Riesgos_para_la_salud_humana
[Último acceso: 6 noviembre 2015].
 17. Net, E. P., 2015. *Eco Portal. Net*. [En línea]
Available at: http://www.ecoportal.net/Temas-Especiales/Salud/Toxicologia_del_Glifosato_Riesgos_para_la_salud_humana
[Último acceso: 5 11 2015].
 18. NOA, P. A. d., 2015. Maduración Química de Caña de Azúcar. *Producción Agroindustrial del NOA*, Issue 2017, p. 1.
 19. posible, O. m. e., 2015. *Otro mundo es posible*. [En línea]
Available at: <http://www.otromundoesposible.net/glifosato-la-muerte-silenciosa/>
[Último acceso: 5 11 2015].
 20. Rivera, L. L. D. M. y. E. T. P., 2002. *Manual de Producción de Caña de Azúcar*, Honduras: s.n.
 21. Saéñz, E., 2014. *EVALUACIÓN DE CUATRO MADURANTES EN CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum L.) EN LA VARIEDAD MEX 79 – 431, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS*

REALIZADOS EN EL GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA, S.A., ESCUINTLA,
GUATEMALA, C.A. , Guatemala: s.n.

22. SANTOS, E. A. A., 2013. *DIAGNOSTICO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LOS SISTEMAS ACTUALES DE ASPERSIÓN TIPO CAÑON, EN CAÑA DE AZÚCAR*, Escuintla : s.n.
23. Syngenta, s.f. *Syngenta*. [En línea]
Available at: http://www.syngenta.com.mx/moddus_250-ce.aspx
[Último acceso: 11 diciembre 2015].
24. Tomas, J. y. j. a., s.f. *Maduración Caña de Azúcar*. [En línea]
Available at: <http://monografias.umcc.cu/monos/2002/Jesus%20Torres.pdf>
[Último acceso: 12 11 2015].
25. Wikipedia, 2015. *Wikipedia*. [En línea]
Available at: https://es.wikipedia.org/wiki/Saccharum_officinarum
[Último acceso: 7 11 2015].
26. Wikipedia, 2015. *Wikipedia*. [En línea]
Available at: <https://es.wikipedia.org/wiki/Glifosato>
[Último acceso: 28 11 2015].
27. Wikipedia, 2015. *Wikipedia*. [En línea]
Available at: <https://es.wikipedia.org/wiki/Refractometr%C3%ADa>
[Último acceso: 3 12 2015].

Tabla 11: Datos promedio de muestreo para la variable porcentaje de jugo.

		PORCENTAJE DE JUGO							
TRATAMIENTOS	22/10/15	26/10/15	02/11/15	09/11/15	16/11/15	26/11/15	30/11/15	07/12/15	
	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5	Muestreo 6	Muestreo 7	Muestreo 8	
TESTIGO	70,78	74,56	72,08	72,49	73,09	73,75	73,07	73,73	
CURAVIAL 25 WG I	71,23	73,42	72,62	73,49	74,74	73,35	73,30	74,01	
ROUND UP 35.6 SL	68,01	73,34	71,74	72,49	71,45	71,24	72,02	72,99	

Tabla 12: Datos promedio de muestreo para la variable BRIX jugo.

		BRIX jugo							
TRATAMIENTOS	22/10/15	26/10/15	02/11/15	09/11/15	16/11/15	26/11/15	30/11/15	07/12/15	
	1	2	3	4	5	6	7	8	
TESTIGO	18,47	18,45	19,18	19,42	18,64	18,29	18,66	18,22	
CURAVIAL 25 WG I	18,89	18,17	18,26	19,28	17,83	19,06	19,18	19,33	
ROUND UP 35.6 SL	18,55	18,92	19,51	18,28	20,86	20,19	20,79	20,30	

Tabla 13: Datos promedio de muestreo para la variable POL jugo.

		POL JUGO							
TRATAMIENTOS	22/10/15	26/10/15	02/11/15	09/11/15	16/11/15	26/11/15	30/11/15	07/12/15	
	1	2	3	4	5	6	7	8	
TESTIGO	16,67	16,57	17,41	17,68	16,94	16,11	16,53	16,33	
CURAVIAL 25 WG I	17,20	16,22	16,38	17,58	15,76	17,20	17,08	17,06	
ROUND UP 35.6 SL	16,43	16,75	17,77	16,10	18,96	18,15	18,77	18,44	

Tabla 14: Datos promedio de muestreo para la variable LBS AZ/TC.

		LBS AZ/TC							
TRATAMIENTOS	22/10/15	26/10/15	02/11/15	09/11/15	16/11/15	26/11/15	30/11/15	07/12/15	
	1	2	3	4	5	6	7	8	
TESTIGO	186,23	195,26	198,41	202,48	195,54	187,66	190,85	190,11	
CURAVIAL 25 WG I	193,44	188,11	187,90	204,12	186,04	199,25	198,00	199,51	
ROUND UP 35.6 SL	176,53	194,07	201,31	184,42	214,09	204,49	213,94	212,61	

Tabla 15: Datos obtenidos en el último muestreo (Ocho) fecha 07/12/2015.

Fecha	Finca	Lote	TRAT	TRATAMIENTO	Repetición	Brix Jugo	Pol Jugo	% Jugo	RENDIMIENTO
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	1	CURAVIAL 25 WG I	1	19.72	17.38	76	208.69904
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	1	CURAVIAL 25 WG I	2	19.48	16.38	73.28	189.6515712
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	1	CURAVIAL 25 WG I	3	19.86	17.6	73.44	204.221952
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	1	CURAVIAL 25 WG I	4	19.76	17.4	74.32	204.320544
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	1	CURAVIAL 25 WG I	5	18.76	16.97	74.96	200.9872496
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	1	CURAVIAL 25 WG I	6	18.4	16.62	72.04	189.1741584
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	2	ROUND UP 35.6 SL	1	19.38	17.92	72.36	204.8772096
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	2	ROUND UP 35.6 SL	2	20.92	19.37	72.88	223.0463248
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	2	ROUND UP 35.6 SL	3	20.82	18.6	71.84	211.123392
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	2	ROUND UP 35.6 SL	4	20.62	18.51	72.44	211.8565752
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	2	ROUND UP 35.6 SL	5	19.7	17.6	74.16	206.224128
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	2	ROUND UP 35.6 SL	6	20.38	18.62	74.28	218.5287888
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	3	TESTIGO	1	19.44	17.59	73	202.88306
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	3	TESTIGO	2	19.36	17.62	73.84	205.5676064
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	3	TESTIGO	3	19.32	17.73	73.28	205.2821952
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	3	TESTIGO	4	17.02	14.75	75.92	176.93156
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	3	TESTIGO	5	17	15.52	73.96	181.3617536
07/12/2015	Hacienda La Esperanza	524-01-08	3	TESTIGO	6	17.18	14.74	72.4	168.613808

Tabla 16: ANOVA y prueba de Tukey de la variable BRIX jugo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
BRIX Jugo	18	0,77	0,61	3,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	19,12	7	2,73	4,77	0,0135
REPETICIÓN	6,08	5	1,22	2,12	0,1458
PRODUCTO	13,04	2	6,52	11,38	0,0027
TRATAMIENTO	0,00	0	0,00	sd	sd
Error	5,73	10	0,57		
Total	24,85	17			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,01066

Error: 0,5730 gl: 10

PRODUCTO	Medias	n	E.E.
TESTIGO	18,22	6	0,35 A
CURAVIAL 25 WG I	19,33	6	0,35 B
ROUND UP 35.6 SL	20,30	6	0,35 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Tabla 17: ANOVA y prueba de Tukey de la variable porcentaje de jugo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% JUGO	18	0,38	0,00	1,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9,63	7	1,38	0,87	0,5594
REPETICIÓN	6,33	5	1,27	0,80	0,5730
PRODUCTO	3,30	2	1,65	1,04	0,3874
TRATAMIENTO	0,00	0	0,00	sd	sd
Error	15,80	10	1,58		
Total	25,43	17			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,67793

Error: 1,5795 gl: 10

PRODUCTO	Medias	n	E.E.
ROUND UP 35.6 SL	72,99	6	0,57 A
TESTIGO	73,73	6	0,57 A
CURAVIAL 25 WG I	74,01	6	0,57 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Tabla 18: ANOVA y prueba de Tukey de la variable POL jugo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
POL Jugo	18	0,69	0,47	5,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	19,03	7	2,72	3,12	0,0509
REPETICIÓN	5,24	5	1,05	1,20	0,3752
PRODUCTO	13,79	2	6,90	7,90	0,0087
TRATAMIENTO	0,00	0	0,00	sd	sd
Error	8,73	10	0,87		
Total	27,76	17			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,24732

Error: 0,8728 gl: 10

PRODUCTO	Medias	n	E.E.
TESTIGO	16,33	6	0,43 A
CURAVIAL 25 WG I	17,06	6	0,43 A
ROUND UP 35.6 SL	18,44	6	0,43 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Tabla 17: ANOVA y prueba de Tukey de la variable LBS AZ/TON.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LBS AZ/TON	18	0,61	0,34	5,78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2112,85	7	301,84	2,24	0,1199
REPETICIÓN	579,96	5	115,99	0,86	0,5393
PRODUCTO	1532,89	2	766,45	5,68	0,0225
TRATAMIENTO	0,00	0	0,00	sd	sd
Error	1348,55	10	134,85		
Total	3461,39	17			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=15,50409

Error: 134,8547 gl: 10

PRODUCTO	Medias	n	E.E.
TESTIGO	190,11	6	5,30 A
CURAVIAL 25 WG I	199,51	6	5,30 A B
ROUND UP 35.6 SL	212,61	6	5,30 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Tabla 20: Estadística descriptiva de los tres tratamientos de la variable porcentaje de jugo.

Roundup % Jugo		Curavial % Jugo		Testigo % Jugo	
Coeficiente de variación	1,38	Coeficiente de variación	1,88	Coeficiente de variación	1,65
Media	72,99	Media	74,01	Media	73,73
Error típico	0,41	Error típico	0,57	Error típico	0,50
Mediana	72,66	Mediana	73,88	Mediana	73,56
Moda	#N/A	Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	1,01	Desviación estándar	1,39	Desviación estándar	1,21
Varianza de la muestra	1,01	Varianza de la muestra	1,94	Varianza de la muestra	1,47
Curtosis	-1,74	Curtosis	-0,30	Curtosis	2,25
Coeficiente de asimetría	0,52	Coeficiente de asimetría	0,07	Coeficiente de asimetría	1,28
Rango	2,44	Rango	3,96	Rango	3,52
Mínimo	71,84	Mínimo	72,04	Mínimo	72,40
Máximo	74,28	Máximo	76,00	Máximo	75,92
Suma	437,96	Suma	444,04	Suma	442,40
Cuenta	6,00	Cuenta	6,00	Cuenta	6,00

Tabla 21: Estadística descriptiva de los tres tratamientos de la variable BRIX jugo.

Roundup Brix Jugo		Curavial Brix Jugo		Testigo Brix Jugo	
Coeficiente de variación	3,09	Coeficiente de variación	3,13	Coeficiente de variación	6,95
Media	20,30	Media	19,33	Media	18,22
Error típico	0,26	Error típico	0,25	Error típico	0,52
Mediana	20,50	Mediana	19,60	Mediana	18,25
Moda	#N/A	Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	0,63	Desviación estándar	0,61	Desviación estándar	1,27
Varianza de la muestra	0,39	Varianza de la muestra	0,37	Varianza de la muestra	1,60
Curtosis	-1,36	Curtosis	-1,08	Curtosis	-3,30
Coeficiente de asimetría	-0,73	Coeficiente de asimetría	-0,95	Coeficiente de asimetría	-0,01
Rango	1,54	Rango	1,46	Rango	2,44
Mínimo	19,38	Mínimo	18,40	Mínimo	17,00
Máximo	20,92	Máximo	19,86	Máximo	19,44
Suma	121,82	Suma	115,98	Suma	109,32
Cuenta	6,00	Cuenta	6,00	Cuenta	6,00

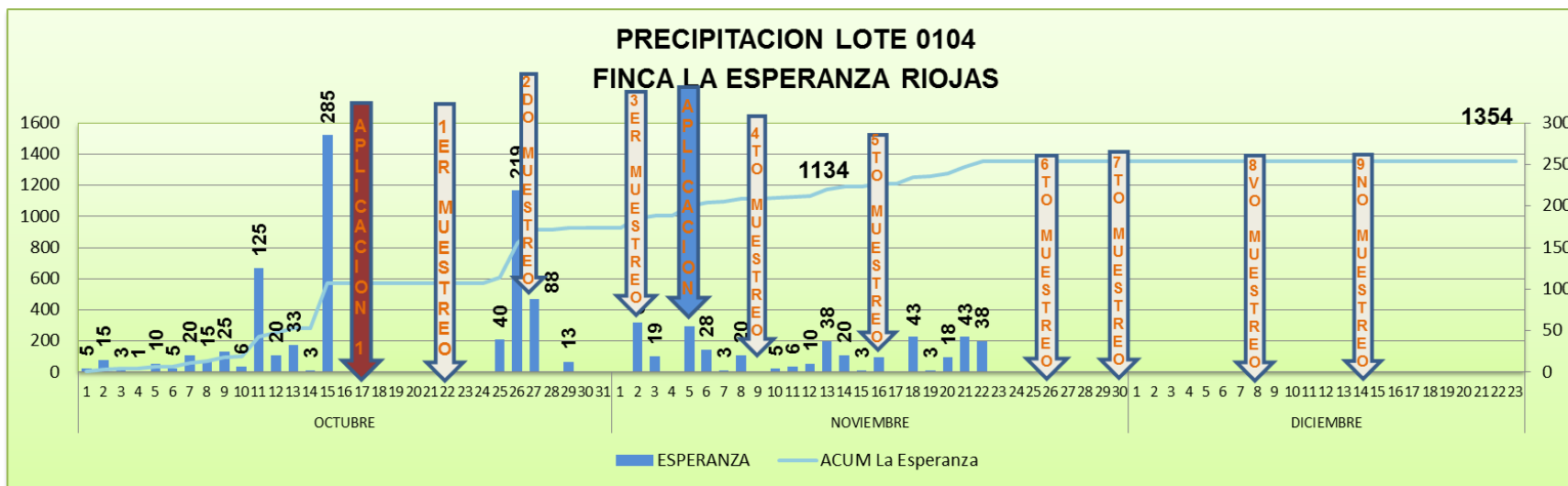
Tabla 22: Estadística descriptiva de los tres tratamientos de la variable POL jugo.

Roundup POL Jugo		Curavial Pol Jugo		Testigo POL jugo	
Coeficiente de variación	3,35	Coeficiente de variación	2,84	Coeficiente de variación	9,04
Media	18,44	Media	17,06	Media	16,33
Error típico	0,25	Error típico	0,20	Error típico	0,60
Mediana	18,56	Mediana	17,18	Mediana	16,56
Moda	#N/A	Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	0,62	Desviación estándar	0,48	Desviación estándar	1,48
Varianza de la muestra	0,38	Varianza de la muestra	0,23	Varianza de la muestra	2,18
Curtosis	0,13	Curtosis	-1,69	Curtosis	-2,98
Coeficiente de asimetría	0,13	Coeficiente de asimetría	-0,44	Coeficiente de asimetría	-0,13
Rango	1,77	Rango	1,22	Rango	2,99
Mínimo	17,60	Mínimo	16,38	Mínimo	14,74
Máximo	19,37	Máximo	17,60	Máximo	17,73
Suma	110,62	Suma	102,35	Suma	97,95
Cuenta	6,00	Cuenta	6,00	Cuenta	6,00

Tabla 23: Estadística descriptiva de los tres tratamientos de la variable LBS AZ/TON.

Roundup LBS AZ/TON		Curavial LBS AZ/TON		Testigo LBS AZ/TON	
Coeficiente de Variación	3,31	Coeficiente de Variación	4,11	Coeficiente de variación	8,63
Media	212,61	Media	199,51	Media	190,11
Error típico	2,87	Error típico	3,35	Error típico	6,69
Mediana	211,49	Mediana	202,60	Mediana	192,12
Moda	#N/A	Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	7,03	Desviación estándar	8,20	Desviación estándar	16,40
Varianza de la muestra	49,46	Varianza de la muestra	67,20	Varianza de la muestra	268,91
Curtosis	-1,00	Curtosis	-1,75	Curtosis	-2,51
Coeficiente de asimetría	0,53	Coeficiente de asimetría	-0,58	Coeficiente de asimetría	-0,25
Rango	18,17	Rango	19,52	Rango	36,95
Mínimo	204,88	Mínimo	189,17	Mínimo	168,61
Máximo	223,05	Máximo	208,70	Máximo	205,57
Suma	1275,66	Suma	1197,05	Suma	1140,64
Cuenta	6,00	Cuenta	6,00	Cuenta	6,00

Gráfico 6: Precipitación pluvial en finca Esperanza Riojas.



*Gráfico elaborado por el departamento de investigación agrícola de *Ingenio Magdalena S. A.*

Tabla 24: Datos obtenidos del peso de torta del muestreo tres al ocho de todos los tratamientos.

Fecha	Muestreo	T3 Testigo	T2 Curavial	T1 Roundup
02/11/2015	muestreo 3	139.31	136.90	141.30
09/11/2015	muestreo 4	136.13	132.55	137.55
16/11/2015	muestreo 5	134.53	126.30	142.75
26/11/2015	muestreo 6	136.90	133.23	143.80
30/11/2015	muestreo 7	136.59	133.50	139.90
07/12/2015	muestreo 8	133.09	129.97	135.03

Gráfico 7: Peso en torta del muestreo tres al ocho.

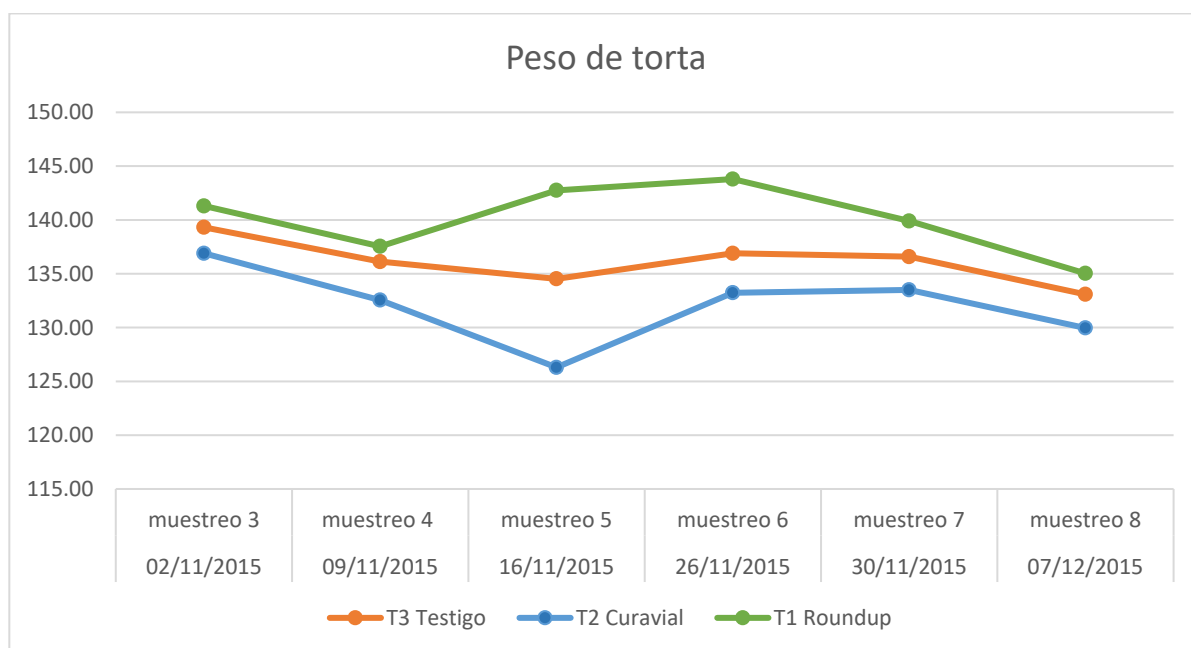


Ilustración 5: Siembra del lote de experimentación.



Ilustración 8: Muestreo de cañas maduras.



Ilustración 6: Surcos en el lote de experimentación.



Ilustración 7: Paquete cañas para llevar al laboratorio.



Ilustración 9: Identificación de los paquetes de muestreo.



Ilustración 10: Transporte de los paquetes de muestreo al laboratorio.



XI. CONTACTO

Estudiante: Miguel Estuardo Padilla Rodríguez

Teléfono: 5516-6648 Empresa: 5018 - 3578

E mail: miguel_epr01@hotmail.com , mpadilla@imsa.com.gt

Asesor: Ing. Edgar Rolando Solares Monterroso.

Gerente General Investigación Agrícola *Ingenio Magdalena S. A.*

Celular: 5482 - 3331. Empresa: 6630 - 9333

Email: esolares@imsa.com.gt