

**COMPARATIVO ENTRE MADURANTES
QUIMICOS Y NO HERBICIDAS
EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

DARIO CAMPO MONTAÑO
Código: 16435663

JHON JAIME REINA HURTADO
Código: 6322181

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

PALMIRA VALLE
Programa AGRONOMIA

**COMPARATIVO ENTRE MADURANTES
QUIMICOS Y NO HERBICIDAS
EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

DARIO CAMPO MONTAÑO
Código: 16435663

JHON JAIME REINA HURTADO
Código: 6322181

Trabajo de Grado para recibir el título de
Profesional en agronomía.

Director

CARLOS PATINO TORRES
Ingeniero Agrónomo

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente
Programa AGRONOMIA

PALMIRA VALLE
2014

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Palmira Valle, _____ de Marzo de 2014

- ✓ A Dios que bendice nuestros días.
 - ✓ A nuestras familias, quienes siempre nos dan aliento para luchar por lo que queremos.
 - ✓ A nuestras esposas por su apoyo incondicional.
 - ✓ A nuestros hijos por su comprensión.
 - ✓ Al Ingenio Pichichi S. A. por habernos brindado la oportunidad de culminar nuestros estudios profesionales.
 - ✓ A la UNAD – por la orientación teórico-práctica
- Por parte de sus Instructores

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por guiarnos y darnos la fortaleza necesaria para culminar tan importante logro en nuestras vidas, como lo es, el de poder cristalizar nuestro más grande sueño es de graduarnos como los mejores Agrónomos de este nuevo siglo.

A nuestras esposas por su paciencia, comprensión y amor, por apoyarnos incondicionalmente pero sobre todo, por estar siempre muy pendientes de nosotros.

A nuestros queridos hijos, por entender las razones por las cuales no pudimos compartir con ellos algunos momentos importantes en familia, en aras de alcanzar este triunfo profesional, inicio de muchos más.

A nuestro grupo de estudio por su compañerismo, solidaridad, respeto, y apoyo, lo cual fue fundamental para poder compartir momentos agradables y difíciles durante este proceso de formación impartido por esta importante universidad, tanto dentro como fuera de la misma.

A nuestros amigos y compañeros de oficina, por su valiosa colaboración en los momentos que requerimos de ella, en algún momento de nuestra vida de estudiante y como persona en general.

Al Ingenio Pichichi, empresa que permanentemente fortalece la capacitación de sus colaboradores, a través del doctor Andrés Rebolledo Cobo, Gerente General; el Superintendente de Campo y Cosecha Ingeniero Agrónomo Álvaro Gómez y al Jefe del departamento de Capacitación Ingeniero Industrial Eduard Yate, por todo su apoyo, colaboración y sabios consejos.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, que nos abrió sus puertas para prepararnos profesionalmente, contribuyendo con ello a la proyección de importantes procesos, permitiéndole a sus instructores compartir sus valiosos conocimientos, brindarnos orientación, dedicación, prácticas agrícolas y apoyo para cumplir con nuestro propósito como futuros profesionales en éste campo.

.

RESUMEN

La utilización de madurantes de síntesis química en el cultivo de la caña de azúcar *Saccharum officinarum* L, es una práctica utilizada para aumentar el contenido de sacarosa en la planta y así mejorar su rendimiento. Sin embargo, esta práctica ocasiona un alto impacto ambiental, por ello, es recomendable evaluar alternativas de maduración mediante productos orgánicos biodegradables, que sean más amigables con el medio ambiente. Este estudio se llevó a cabo en la hacienda San Rafael, propiedad del ingenio Pichichi S. A. ubicada en el corregimiento El Vínculo- municipio de Guadalajara de Buga (Colombia cuyo objetivo era comparar el efecto de la aplicación de madurantes de síntesis orgánica vs. madurantes de Síntesis química, sobre la fisiología de la planta de caña. Se realizó un experimento con diseño de bloques completos al azar (BCA) y tres repeticiones, los tratamientos correspondieron a diferentes productos maduradores de síntesis química y orgánica, para un total de 9 tratamientos contemplando el testigo absoluto. En la variedad CC 85 - 92 se evaluó la altura de planta y la concentración de azúcares en tallos (grados brix) en 5 réplicas medidas entre 240 y 360 días después de la siembra D.D.S. No se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre la altura promedio de las plantas y su concentración de azúcares en los diferentes tratamientos. Estos resultados demuestran que el uso de madurantes de síntesis orgánica pueden sustituir los productos de Síntesis química que actualmente usan los cañicultores con el propósito de concentrar los azúcares en los tallos, al tiempo que generan menor impacto al ambiente por su alta biodegradabilidad y baja adsorción en el suelo.

Palabras claves: Madurantes Orgánicos, Maduración de la Caña de Azúcar, Maduradores de Síntesis Química.

ABSTRACT

The use of ripeners from chemical synthesis in growing of sugarcane, (*Saccharum officinarum* L), It is a practice used to increase the sucrose content in the plant and improve its performance. However, this practice causes high environmental impact, therefore it is desirable to discuss different ways of maturation biodegradable organic products that are more environmentally friendly. This study was conducted at the San Rafael Ranch, property of Pichichí S.A. Sugar refinery, located in the Vínculo small town, Guadalajara de Buga City, (Colombia) aimed to compare the effect of applying ripeners vs organic synthesis. Chemical Synthesis, on the physiology of the plant sugar cane. An experiment with complete block design was conducted randomly (RCB) and three replications, treatments correspond to different chemical and organic synthesis products soakers, for a total of 9 treatments contemplating the absolute control. The CC 85 -92 plant height and the concentration of sugars in stalks (brix degrees) in 5 replicates measures between 240 and 360 days were evaluated after planting of D.D.S. No statistically significant differences were observed ($p < 0.05$) between the average height of the plants and the concentration of sugars in the different treatments. These results demonstrate that the use of organic synthetic chemical ripeners can replace synthetic chemical products currently used by sugarcane growers in order to concentrate the sugars in the stems, while generating less impact to the environment due to its high biodegradability and low soil adsorption.

Keywords: Organic ripeners, maturation of sugarcane, ripeners for chemical synthesis.

CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCION.	
2. MARCO CONCEPTUAL Y TEORICO.	2
2.1 ORIGEN GEOGRÁFICO E HISTORIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR.	2
2.2 TAXONOMÍA.	3
2.3 BOTÁNICA.	4
2.3.1 Sistema radicular de la caña de azúcar.	4
2.3.2 Tallo de la caña de azúcar.	5
2.3.3 Hoja de la caña de azúcar.	5
2.4 MADURACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR.	6
2.4.1 Fisiología de la maduración en la caña de azúcar.	8
2.4.2 Factores que determinan la dosis del madurante y el volumen de aplicación.	9
2.4.3 Maduración natural.	9
2.4.4 Maduración inducida.	9
3. DESCRIPCIÓN DE MADURANTES UTILIZADOS EN EL ENSAYO.	10
3.1 DESCRIPCION DE MADURANTES QUIMICOS.	10
3.2 DESCRIPCION DE MADURANTES ORGANICOS.	10
4. METODOLOGIA.	11
4.1 UBICACIÓN DEL ENSAYO.	11
4.2 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO.	12
4.2.1 Diseño Experimental.	12
4.2.2 Descripción de tratamientos.	13
4.2.3 Muestreo en campo.	14
4.2.4 Evaluación de variables de respuestas.	14
5. ANALISIS ESTADISTICO DE LA INFORMACIÓN.	15
5.1 RESULTADOS.	16

5.2	CURVA DE MADURACIÓN.	16
5.2.1	Tiempo.	16
5.2.2	Tercio.	18
5.3	EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA ALTURA DE LA PLANTA.	19
5.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	20
6.	CONCLUSIONES.	23
7.	RECOMENDACIONES.	24
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	25
	ANEXO 1 PRUEBA DE DUNCAN DEL COMPORTAMIENTO EN CADA MES.	29
	ANEXO 2 VARIABLES DEPENDIENTE DE BRUX POR MES.	29
	ANEXO 3 VARIABLE DEPENDIENTE DE BRUX12.	30
	ANEXO 4 PRUEBA DE DUNCAN DEL COMPORTAMIENTO DEL BRUX POR TRATAMIENTO.	32
	ANEXO 5 PRUEBA DE LOS EFECTOS INTER- SUJETOS DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE DE BRUX.	32
	ANEXO 6 PRUEBA DE DUNCAN DE LA ALTURA DE LOS TRATAMIENTOS DEL ENSAYO.	33
	ANEXO 7 EVIDENCIAS DE LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN EN CAMPO.	33

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1	Mapa de Buga Valle del Cauca .Fuente. http://www. Guadalajaradebuga-valle.gov.co (1573).	11
Figura N° 2	Mapa del Corregimiento de Vínculo del Valle del Cauca. Fuente. http://www. Guadalajaradebuga- valle.gov.co (1573).	11
Figura N° 3	Comportamiento de brix mes. Fuente: (Reina, 2013).	16
Figura N° 4	Comportamiento de brix por tercio. Fuente (Jaime, 2013).	18
Figura N° 5	Comportamiento de los Tratamientos. Fuente: Reina (2013).	19
Figura N°.6	Marcación de los tratamientos. Fuente:(Reina, 2013).	33
Figura N°.7	Realización de las entradas. Fuente: (Reina, 2013).	33
Figura N°.8	Bandereo. Fuente: (Reina, 2013)	34
Figura N°.9	Aplicación de madurantes. Fuente: (Reina, 2013).	34
Figura N° 10	Toma de brix. Fuente: (Reina, 2013).	34
Figura N° 11	Sitio del ensayo .Fuente: Ingenio Pichichi S.A 2013	35
Figura N° 12	Zona agroecológica de la hacienda San Rafael.	36

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla Nº 1. Descripción de los madurantes herbicidas	10
Tabla Nº 2. Descripción de los madurantes no herbicidas	10
Tabla Nº 3. Datos del sitio del experimento (2013). .	12
Tabla Nº 4. Descripción de tratamientos del ensayo.	13
Tabla Nº 5. Prueba de Duncan del comportamiento en cada mes.	29
Tabla Nº 6. Variables dependiente de Brix	29
Tabla Nº 7. Variable dependiente: Brix12.	30
Tabla Nº 8. Variable de tercio por tratamiento	31
Tabla Nº 9. Prueba de Duncan ($p < 0.05$), comportamiento del Brix por tratamiento.	32
Tabla Nº 10. Prueba de los efectos inter- sujetos de la variable independiente de Brix.	32
Tabla Nº 11. Prueba de Duncan de la altura de los tratamientos del ensayo.	33

1. INTRODUCCION

El departamento del Valle del Cauca (Colombia) presenta en su zona plana condiciones óptimas para la producción de caña de azúcar, siendo esta, la más importante del país. Sin embargo, en algunos casos particulares, estas condiciones no permiten la concentración de sacarosa necesaria para conseguir una producción de azúcar económicamente rentable (Buenaventura, 1984).

Existen investigaciones desde 1920 sobre el uso de madurantes en diferentes cultivos como: caña de azúcar, soya, maíz, sorgo, piña; cuyos resultados demuestran incremento significativos en el contenido de sacarosa, por regulación fisiológica de la planta, ocasionando efectos positivos en la productividad del cultivo (Villegas, 1992). En estas investigaciones fueron usados productos madurantes de tipo orgánico y de síntesis química.

La maduración fisiológica de la caña de azúcar es un proceso metabólico, durante el cual la planta deja de crecer y comienza a conservar energía en forma de sacarosa. Una de las principales etapas de la maduración fisiológica, es la concentración de sacarosa en la planta, de forma natural, siendo la luz un factor fundamental en el desarrollo del tallo de la caña de azúcar (Humbert, 1970).

En la actualidad, existe baja aceptación de los proveedores de caña de azúcar frente la aplicación de madurantes de síntesis química tipo herbicida, como es el Roundup 747 aplicado por el ingenio Pichichi a todas las plantaciones. Esto se debe a los efectos de deriva generados con la aplicación aérea del producto, entre los que se encuentran la pérdida de cepas nuevas en áreas circunvecinas y los bajos rendimientos obtenidos en los últimos años. De otro lado, la normatividad ambiental (Código de los Recursos Naturales- Decreto 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 del Ministerio del Medio Ambiente) hace referencia al control sobre la

aplicación de maduradores de síntesis química en cultivos, debido a su efecto negativo en la contaminación de afluentes superficiales y al daño sobre plantaciones aledañas.

Esto ha generado, que se deje de madurar cerca del 30% del área cultivada de caña de azúcar en el ingenio Pichichi S. A. ,lo cual crea la necesidad de evaluar productos con efecto madurador cuya constitución molecular sea de tipo orgánico por su alta biodegradabilidad y menor impacto sobre el ambiente. Este estudio evaluó precisamente los efectos que a nivel fisiológico de la plantas de caña tiene la aplicación de cuatro (4) madurantes orgánicos comúnmente usados en otros cultivos de gramíneas y leguminosas, comparados con los obtenidos mediante la aplicación del madurante comercial Round- up 747. De esta forma, se logró demostrar de manera experimental que pueden existir otras alternativas orgánicas de maduración de la caña, sin que exista una evidente reducción de la concentración de azúcares, incluso llegando a ser más económicas y atractivas para la rentabilidad del ingenio.

2. MARCO CONCEPTUAL Y TEORICO

2.1 ORIGEN GEOGRÁFICO E HISTORIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*, L)

Antes de la era cristiana, la caña de azúcar era cultivada a las orillas de la Bahía de Bengala; de ahí se esparció a los territorios circundantes de Malasia, Indonesia y el sur de la China (Humberto, 1974). Los árabes introdujeron la caña de azúcar al mundo occidental al llevar las estacas y el conocimiento para una buena productividad. La caña de azúcar es uno de los cultivos más antiguos en el mundo, se cree que empezó hace unos 3.000 años como un tipo de césped en la isla de Nueva Guinea y de allí se extendió a Borneo, Sumatra e India (Yang, 1981).

Históricamente, la caña de azúcar llegó a Colombia gracias a Pedro de Heredia, fundador de Cartagena en el año 1510, la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*, L) se estableció por primera vez en el Darién, luego se expandió al Valle del Cauca por Sebastián de Belalcázar en el año 1541 en la Ciudad de Yumbo Valle. En el año 1550 se crearon tres ingenios a orillas del río Amaine, los cuales empezaron la explotación de este recurso generando azúcar, panela, miel y bagazo, este último, se utiliza en la producción de un aglomerado llamado tableza. La caña de azúcar se denomina criolla porque fue introducida por los españoles para obtener una fuente de alimento (Humberto, Roger, 1974).

La producción mundial de caña de azúcar fue de 1.163,91 millones de toneladas métricas en 1996, y la producción mundial de azúcar fue de 121 millones de toneladas métricas, mientras que el consumo mundial durante 1996/97 se estimó que alcanzaría 122,9 millones de toneladas. El azúcar es un término amplio aplicado a un gran número de carbohidratos presentes en muchas plantas y

caracterizado por un sabor dulce. Los principales cultivos para la producción azucarera, son la remolacha y la de caña de azúcar. La glucosa es la fuente de azúcar primaria, la cual es producto de la fotosíntesis, proceso que ocurre en todas las plantas verdes (Fernández y Del Toro, 1983).

2.2 TAXONOMÍA

Nombre científico: *Saccharum officinarum* L.

Nombre común: Caña de azúcar.

La clasificación taxonómica de la caña de azúcar es la siguiente:

- ❖ Reino: Vegetal
- ❖ División: Magnoliophyta
- ❖ Clase: Angiospermae
- ❖ Sub-clase: Monocotyledoneae
- ❖ Súper Orden: Commelinidae
- ❖ Orden: Commelinales
- ❖ Familia: Poaceae
- ❖ Género: *Saccharum*
- ❖ Especie: *Saccharum officinarum* L. (Daniels and Roach, 1987).

2.3 BOTÁNICA

La caña (*Saccharum officinarum* L.) tiene su origen genético en Nueva Guinea, pertenece a la familia de las gramíneas. La caña es una planta C4 con alta eficiencia fotosintética (la cuota oscila entre 150 y 200% sobre la media de otras plantas. Es un cultivo duradero y muy auto compatible (Tokeshi, 1980).

Dependiendo de la variedad, así mismo es la cantidad de tallos que esta planta produce por metro lineal, oscila entre 12 y 18 tallos con unas longitudes de 3 a 5 metros cuando tienen unas condiciones ideales, estos son los que al final del ciclo se van a cosechar para la extracción de azúcar, esperando un rendimiento como mínimo entre 11 y 16% de sacarosa que es la cantidad de azúcar por cada tonelada de caña molida, esto quiere decir que por cada punto es un kilo de azúcar, que es la parte en donde está el negocio del cultivo de caña de azúcar (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia CENICAÑA, 1984).

2.3.1 Sistema radicular de la caña de azúcar.

El sistema radicular de la caña de azúcar, cumple un papel muy importante en el desarrollo de la misma, ya que ésta es la encargada de dar sostén a la planta y de igual manera, tomar los diferentes nutrientes que la planta necesita para un buen desarrollo metabólico, y así obtener buena productividad tanto en peso como en kilos de azúcar, generando una buena materia prima para los ingenios azucareros (Tokeshi, 1980).

2.3.2 Tallo de la caña de azúcar.

El tallo de la caña de azúcar es la parte más importante en la agroindustria azucarera, porque es la parte donde se almacenan los azúcares. Los tallos son de diferentes colores dependiendo la clase de variedad, de igual forma el diámetro varía siendo más grueso o delgado, esta característica de diámetro nos define la cantidad de tallos por metro lineal entre más gruesos sean los tallos la cantidad es menor por metro (Tokeshi, 1980).

El tallo de la caña de azúcar, nos proporciona nuevas plantas cuando queremos propagar la variedad o sembrar nuevos lotes. Los tallos se caracterizan por tener nudos y entrenudos, en los nudos se encuentra una yema, la cual es la encargada de dar una nueva planta en el momento que la coloquemos en la superficie de la tierra, generando así nuevas plantas alrededor de la misma, llegando a tener hasta 30 o 40 hijos que por la competencia de luz y nutrientes entre ellas, se van eliminando hasta quedar por último las que llegan a su altura o desarrollo adecuado para su cosecha final (Fernández y Del Toro, 1983).

2.3.3 Hoja de la caña de azúcar.

La hoja de la caña de azúcar, es una parte muy importante en la planta, ya que es como la fábrica donde el agua y los nutrientes que son absorbidos por las mismas se convierten en carbohidratos por la acción de la luz solar. De igual manera que en los tallos las hojas dependiendo de la variedad se diferencian por su color más claro, el grosor, longitud y hasta la forma. La parte de la hoja que se encuentra adherida al tallo se conoce como yagua o vaina tiene una forma tubular, es una parte más ancha de verde cuando joven y de color rojo púrpura cuando adquiere su madurez esta protege la parte del nudo donde se encuentra la yema (Tokeshi, 1980).

2.4 MADURACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

La maduración de la caña de azúcar, puede considerarse desde lo botánico y fisiológico; desde lo botánico, se determina el estado de madurez de la caña de azúcar después de la emisión de flores y formación de semilla que pueden dar origen a nuevas plantas, teniendo en cuenta la reproducción vegetativa, el ciclo de maduración sería mucho más corto cuando las yemas están en condición de dar origen a nuevas plantas. Desde lo fisiológico la planta de caña de azúcar está madura cuando la sacarosa esta en un nivel alto en los tallos, se alcanza la maduración botánica antes que la maduración fisiológica, por lo que las semillas pueden ya estar cayendo de la flor y la acumulación de sacarosa continua durante uno a dos meses (Samuels, 1984).

El sistema de acumulación de la sacarosa, en la primera etapa de crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar, se localiza inicialmente en los entrenudos ya definidos y cercanos a la base del tallo, siendo esta acción secundaria, pues lo primordial es el crecimiento para la planta. Este crecimiento gradualmente emperezará a disminuir quedando una formación de entrenudos bien desarrollados a diferencia de la parte cubierta por la hojas verdes, en donde aun quedan entrenudos en crecimiento. La característica más relevante será el almacenamiento de la sacarosa durante este periodo (Fernández y Del Toro, 1983).

La planta durante su crecimiento, ha desarrollado una eficaz estructura para el almacenaje abundante de azúcar en sus tejidos, a este proceso se le llama maduración, los diferentes procesos de desarrollo de la planta tienen sus propias semejanzas con las demás especies en el proceso de acumulación de azúcares. Tanto el envejecimiento, la maduración y el sazonado no son iguales. La maduración es el proceso que da como resultado un tallo apto para generar nuevas plantas, el sazonado es el detenimiento de la etapa de crecimiento y el

paso a la acumulación de sacarosa en los tejidos (Buenaventura, 1986). La importancia de la calidad industrial de los tallos molinables, pues deben tener el mayor contenido de sacarosa, de esto depende una excelente producción de azúcar y una mayor rentabilidad por tonelada de caña de azúcar (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia CENICAÑA, 1984).

De dos a tres meses antes de la etapa de cosecha, empiezan las labores de determinación del grado de maduración de la caña de azúcar, esta actividad implica el muestreo en cada lote comercial, tomando como referencia varias cañas enteras y representativas, con el fin de analizar en el laboratorio porcentaje de humedad de grados Brix (sacarosa en caña), pureza del jugo y azúcares reductores. Logrando con este proceso establecer el índice de madurez, base para determinar el momento oportuno para el corte del lote y ajustar la programación de cosecha (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia CENICAÑA, 1984).

2.4.1 Fisiología de la maduración en la caña de azúcar.

El factor ambiental, influye significativamente en la maduración de la planta de caña de azúcar pues requiere una moderada temperatura con amplio rango de excesivas temperaturas, dándole más capacidad a la planta para responder a los cambios térmicos. De igual forma, una disminución drástica de saturación del suelo, para aminorar su ritmo de crecimiento y llevarla a transformar en sacarosa los azúcares reductores que utiliza para captar energía necesaria para su crecimiento y desarrollo. Comprende tres etapas; aunque con leve diferencia entre variedades, la primera, se refiere al desarrollo de cepas que comprende desde la germinación o brotación hasta que en el campo se cierran (5 a 6 meses de edad), donde hay mayor consumo de agua con un 85% hacia arriba de contenido de agua por planta (Fernández y Del Toro, 1983).

La segunda comprende la etapa de formación de sacarosa y va desde el final de la primera etapa de 6 meses hasta el inicio de maduración, periodo en que la humedad del tallo debe ser del 78-80%. La tercera es la maduración propiamente dicha, se inicia aproximada mente a los 9 meses de edad de pendiendo de que la planta tenga un 73 a un 75 % de humedad, para un proceso de maduración completo (Fernández y Del Toro, 1983).

2.4.2 Factor que determinan la dosis del madurante y el volumen de aplicación.

El volumen de aplicación de madurantes, depende del área, variedad, de la dosificación según la mezcla realizada para realizar la aplicación que permita suministrarle la dosis correcta a la planta para obtener el máximo nivel de sacarosa en los tallos, generando una ganancia adicional en un período relativamente corto y sin afectar la producción de caña y reducir el período vegetativo del cultivo cuando sea necesario (Vásquez y Arcila, 1984).

2.4.3 Maduración natural.

Las circunstancias climáticas como las precipitaciones, entre otras, influyen buena parte en el contenido de sacarosa en los tallos, durante las últimas semanas del periodo del cultivo, aparte de las técnicas que se empleen para conseguir buenos rendimientos de sacarosa (Arcila, 1986).

2.4.4 La maduración inducida.

La maduración inducida de la caña de azúcar se realiza mediante la aplicación de productos de síntesis química y de origen orgánico que buscan modificar las condiciones naturales de la misma, con el objetivo de incrementar el contenido de sacarosa utilizando productos químicos herbicidas como el Glifosato (Roundup),

Clethodim (Selecto) y para aumentar la concentración de sacarosa en el tallo de la caña de azúcar (Buenaventura, 1986). Es importante destacar que La región del Valle geográfico del río Cauca tiene excelentes condiciones agronómicas para el cultivo de caña de azúcar (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia CENICAÑA, 1995).

3. DESCRIPCIÓN DE MADURANTES UTILIZADOS EN EL ENSAYO

3.1 DESCRIPCION DE MADURANTES QUIMICOS

Tabla N° 1. Descripción de los madurantes herbicidas. **Fuente:** Campo y Reina (2013).

Madurantes	Clasificación	Mecanismos
Roundup -747	Herbicida	Tras laminar e inhibición del crecimiento.
GRISOFOL GREEN	Herbicida	

3.2 DESCRIPCION DE MADURANTES ORGANICOS

Tabla N° 2. Descripción de los madurantes no herbicidas. **Fuente:** Campo y Reina (2013).

Madurantes	Clasificación	Mecanismos
ABBIES	No herbicida	Estimulante natural de crecimiento, eficiente conductor de resistencia de enfermedades fúngicas.
K-FOL	No herbicida	Tras locación rápidamente en la planta vía xilema y floema.
BRIXSER	No herbicida	Corrector de carencias fisiológicas de potasio.
AGROFOSFATO	No herbicida	Interviene en la floración, formación y maduración de tallo.
CARBOXY	No herbicida	Concentración de sacarosa en los tallos del cultivo de caña.

4. METODOLOGÍA

4.1 UBICACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se llevó a cabo en el corregimiento el Vínculo de la ciudad de Guadalajara de Buga, situado en la parte región occidental de Colombia (Figura 1), en el centro del Departamento del Valle del Cauca (Figura 2), al borde de la carretera Panamericana a 45 minutos de su capital Cali y a 15 minutos de la Ciudad Señora – Guadalajara de Buga (Tabla 4).



Figura N° 1. Buga Valle Del Cauca. **Fuente:** [http://www. Guadalajara de buga-valle.gov.co](http://www.Guadalajara-de-buga-valle.gov.co) (1573).



Figura N° 2. Corregimiento de Vinculo del Valle del Cauca. **Fuente:** [http://www. guadalaradebuga-valle.gov.co](http://www.guadalaradebuga-valle.gov.co) (1573).

Tabla 3. Datos del sitio del experimento. **Fuente:** Campo y Reina (2013).

Altitud	966 m.s.n.m.
Precipitación anual	Promedio de 1.100 mm.
Temperatura media	24°C
Georeferensacion:	3 grados 45' y 31" de latitud norte y 76 grados 20' y 20" de longitud al oeste del meridiano de Greenwich. ° C
Distancia de referencia	63 kilómetros de Santiago de Cali.
Propietario	Ingenio Pichichi S.A
Hacienda	San Rafael
Suerte	07
Tablón	1
Área	7.10 Has
Zona Agroecológica	6H1
Edad	8. meses
Variedad	CC 85-92
Corte	4

4.2 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

4.2.1 Diseño Experimental

Se empleó un diseño experimental en bloques completos al azar (BCA) y tres repeticiones, los cuales se constituyeron por parcelas de 12 surcos, donde se evaluaron 9 tratamientos.

4.2.2 Descripción de tratamientos

Para evaluar el efecto de los madurantes de síntesis química y orgánica en el ensayo sobre las variables fisiológicas del cultivo, se utilizaron nueve (9) tratamientos, como lo describe la Tabla 4.

Tabla N° 4. Descripción de tratamientos del ensayo. **Fuente:** Campo y Reina (2013).

TRATAMIENTO	PRODUCTO	DOSIS	FRECUENCIA DE APLICACIÓN	VOLUMEN DE APLICACIÓN
1	BRIXXER	4 lt /ha	Mes 8	BRIXXER 2592 Lt/ha
2	ROUNDUP- UP 747	1 L300 - 350 g	Mes 10	RUP 747 194.4 gr/ha
3	ABBIES	4 L /ha	Mes 8	ABBIES 2592 Lt/ha
4	AGROFOSFAT O	4 L /ha	Mes 8	AGROFOSFATO 2592 Lt/ha
5	RUP 747 +BRIXXER	350g + 1 L	Mes 10	RUP 747 226.8 gr /ha BRIXXER 0.648
6	TESTIGO	sin aplicación		
7	GLISOFOL GREEN	1 L	Mes 10	GLISOFOL GREEN 0.648 Lt/ha
8	CARBOXY	3 L /ha	Mes 8	CARBOXY 1944 Lt/ha
9	K-FOL +SULFATO DE AMONIO	1,5 L +1kg	Mes 8	K-FOL 0.975 lt /ha SULFATO DE AMONIO 0.648 kg/ha

4.2.3 Muestreo en campo

Se realizaron mediciones para evaluar la concentración de sacarosa por cada tratamiento, estas se tomaron cada cuatro semanas y corresponden a los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto del 2013. Los de tipo no herbicida la aplicación de los madurantes se realizó en el mes de Abril estos fueron Abies, Carboxi y K-fol mas Sulfato de Amonio. El madurante de tipo herbicida se aplicó en el mes de junio del 2013 y estos fueron Roundup-up 747 y Glisofol Green, posterior a la aplicación cada treinta días fueron las mediciones de concentración de sacarosa en mata.

4.2.4 Evaluación de variables de respuesta

Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar (BCA) y tres repeticiones en la hacienda san Rafael, para evaluar el efecto de los madurantes en la variedad de caña CC 85 - 92. Cada tratamiento constó de 12 surcos sembrados a 1,65 M entre ellos, se tomaron 10 tallos de los surcos centrales a los cuales se les midió altura. Para evaluar las variables, se realizaron 5 muestreos desde los 240 a 360 días después de la siembra, con un intervalo de 30 días entre muestreo. Se realizó la primera evaluación 2 días antes de la aplicación de los tratamientos para obtener la información inicial de la investigación. La aplicación de los tratamientos se hizo utilizando un ultraliviano en las primeras horas de la mañana para evitar posibles derivas y contaminación de los tratamientos, la altura de la aplicación fue de 3m con respecto al dosel del cultivo. En este tipo de aplicaciones se utilizó ultra bajo volumen (5 L/ha) ya que el glifosato actúa mejor en estas condiciones. Para orientar la aplicación se usó la técnica de bandereo, consistente en ubicar una bandera en el centro de cada tratamiento para así fijar el

rumbo, unido al uso de sistema de posicionamiento (GPS) como método de georreferenciación.

La recolección de los datos se realizó haciendo previamente brechas (caminos) para poder circular al interior de los tratamientos. Los materiales utilizados para evaluar la altura de planta y la concentración de azúcares fueron: cinta métrica, refractómetro digital, punzón, machetes, estacas de guadua para demarcación entre tratamientos, libreta, lapiceros y cinta para demarcar los tallos a evaluar durante todo el periodo. Se evaluaron 10 plantas por parcela útil, que fueron marcadas para las cinco evaluaciones durante los muestreos.

5. ANALISIS ESTADISTICO DE LA INFORMACIÓN

La evaluación de resultados se realizó mediante técnicas estadísticas de Análisis de Varianza (ANOVA) y pruebas de promedios por Duncan ($p < 0.05$). Para ello se usó el programa estadístico de productos y servicios soluciones SPSS versión 22 (2013). La modelación de los resultados, se realizó gráficamente mediante histogramas y diagramas de líneas.

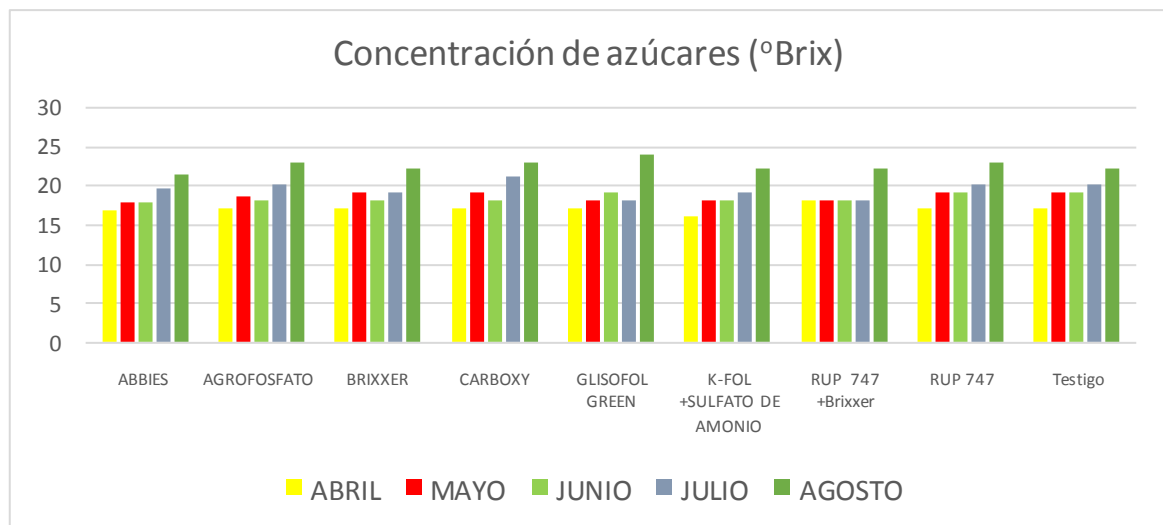
5.1 RESULTADOS

5.2 CURVA DE MADURACIÓN

Para evaluar a qué edad del desarrollo fisiológico del cultivo se presentaba la mayor concentración de sacarosa, se recolectaron datos cada mes desde el mes 8 al 12 del ciclo del cultivo. Posteriormente, se realizó análisis de varianza donde se muestra que existen diferencias significativas entre tratamientos. Anexo 1 Duncan y Anexo 2. El resultado fue el siguiente:

5.2.1 Tiempo.

Figura Nº 3. Comportamiento de brix mes. **Fuente:** (Reina, 2013).



Luego de realizarse el análisis estadístico de los resultados obtenidos en la aplicación de madurantes, la gráfica nos muestra el comportamiento de cada uno de los tratamientos durante su ciclo del cultivo, discriminando en los últimos meses la concentración de sacarosa en grados Brix. El Grisofol Green obtuvo un promedio de 24° brix siendo el producto con mayor concentración de sacarosa

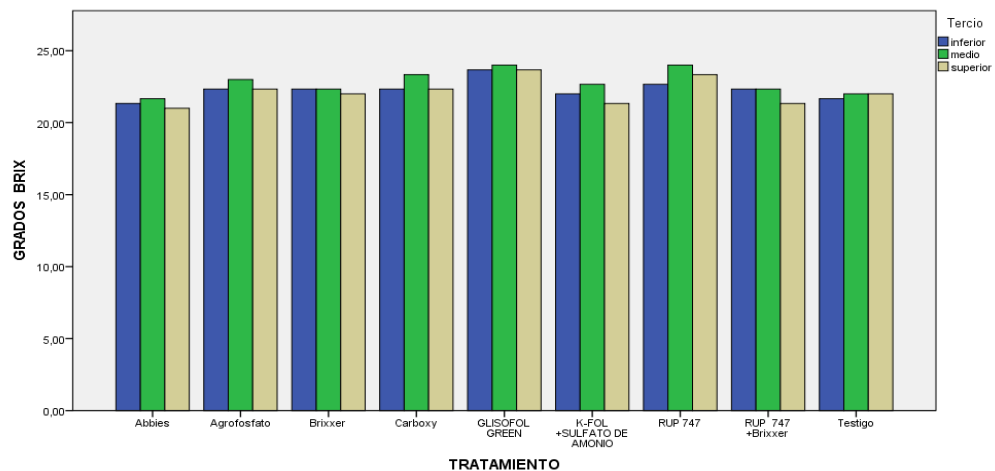
obteniendo un grado más, comparado con el RUP-747 de 22°. El RUP 747 + Brixer logró 22° brix, el Agro fosfato 23° brix, el K-fol + sulfato de amonio 22° brix, el Carboxi 23° brix, El Brixer 22° brix, El Abbies 21° brix y el testigo 22° brix. Los productos de síntesis orgánica que presentaron una buena concentración de sacarosa en la planta, se presentaron precipitaciones en el mes de mayo de 113 mm y agosto 79 mm; causando cambios fisiológicos en la planta bajando los niveles de sacarosa en cada uno de los tratamientos establecidos porque ocurrió un proceso de desdoblamiento de la sacarosa en glucosa y fructosa en cada una de las parcelas de 12 surcos sembrados a 1,65 M entre ellos, se determinó que la mejor opción era evaluar el contenido de sacarosa al mes 12, debido a que en este mes se obtienen los mayores valores de grados Brix.

Se puede observar en la gráfica, que las condiciones de cada tratamiento durante el tiempo, permite analizar el comportamiento de cada mes con su respectivo producto aplicado dando como resultado que el K-fol + Sulfato de amonio 22° brix puede competir con los maduradores de síntesis química ya que el Grisofol Green obtuvo un promedio de 24° brix, permitiendo tener un alto grado de sacarosa en planta.

5.2.2 Tercio.

Se hizo el análisis de varianza considerando los tercios y los tratamientos como factores en un experimento bifactorial para saber si era recomendable hacer determinaciones específicas por tercio o si se debería tomar el promedio de los tres tercios. Los resultados fueron los siguientes, **Figura N° 4**.

Figura N° 4. Comportamiento de brix por tercio. **Fuente:** (Reina, 2013).

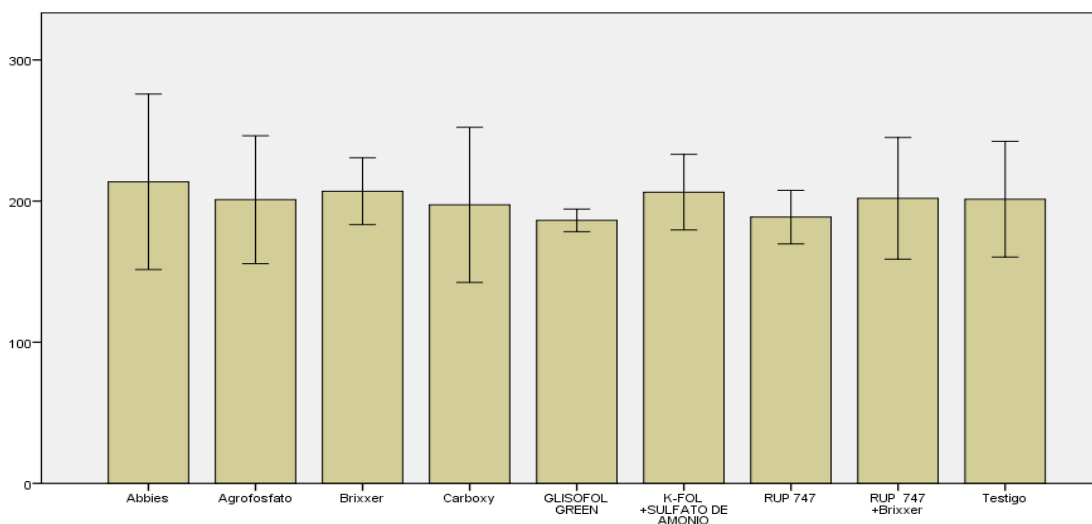


Se puede observar que los grados brix de la variedad CC 85 -92 de la caña de azúcar presentados en su ciclo del cultivo desde el mes 8 al 12, muestran interacción por tratamiento*tercio, en cada uno de sus tercios como inferior, medio y superior se observaron que en la prueba de análisis de varianza y a la prueba de Duncan, a nivel de 0.05 de significancia, se observa diferencia significativa estadística entre los tratamientos estudiados, tal como se aprecia en la figura 4 y anexo 3, 4. Por cuanto se recomienda que las determinaciones de grados Brix no se hagan en un tercio específico sino en los tres tercios, para luego tomar el promedio general que nos permita obtener información más precisa para la investigación planteada. En la parte del tallo los valores de grados Brix conservaron la misma tendencia presentada en la base del tallo y estuvieron entre 22 grados de brix un promedio de cada uno de los tratamientos.

5.3 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA ALTURA DE LA PLANTA.

La prueba de comparación de medias indica que cuando se aplica abbies la planta no tiene problemas en su desarrollo fisiológico, permitiendo tener mayor desarrollo de sus entrenudos, sin embargo, solo fue estadísticamente diferente con la aplicación de Grisofol Green el cual tuvo efecto en el desarrollo de la planta. Los resultados de los tratamientos se muestran en la Figura 5.

Figura Nº 5. Comportamiento de los Tratamientos. **Fuente:** Reina (2013).



Se puede observar que los madurantes utilizados en el ensayo con respecto a la altura de planta de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), se comportaron estadísticamente sin diferencia significativa ($p < 0.05$) en cada uno de los tratamientos de síntesis química y orgánica, permitiendo realizar el análisis de varianza y la prueba de Duncan con una confiabilidad del 95% mostrando un comportamiento general de cada producto aplicado en cada una de las parcelas en campo de doce surcos con tres repeticiones según el diseño experimental establecido en la investigación, Figura N^o 5 y Tabla N^o 11.

5.4 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La maduración de la caña de azúcar, es la etapa fisiológica donde se logra acumular la mayor cantidad de sacarosa, por lo cual, al realizar las diferentes practicas agronómicas como fertilización adecuada, riegos oportunos, agostamiento después de los 10 meses, mas la inducción con maduradores químicos se puede recuperar una mayor cantidad de azúcar por área cultivada. La caña de azúcar después de los 4 meses cuando presenta tallos al interior ya se encuentra dulce y, en la etapa de rápido crecimiento del mes 4 al 10 el tercio inferior y medio presentan contenidos intermedios de sacarosa, posterior al mes 10 de edad de la planta. La concentración de azucares se acelera mediante la suspensión de riegos y evitando que los tallos presenten estrés por exceso de humedad. Las condiciones ambientales son de gran importancia, sobre todo la humedad del suelo y la temperatura ambiental entre el día y la noche, ya que bajo condiciones óptimas se logra regular la fotosíntesis y disminuir la tasa de respiración, permitiendo una mayor producción y almacenamiento de azucares.

La aplicación de maduradores químicos de tipo herbicida como los glifosatos son utilizados a gran escala en todos los campos plantados en caña de azúcar, estos se utilizan en dosis bajas por lo que actúan como inhibidores o reguladores de crecimiento, permitiendo el bloqueo de enzimas que intervienen en el desdoblamiento de azucares, además se utilizan maduradores de origen orgánico. Todo esto tiene como objeto recuperar una mayor cantidad de azúcar vs. Las cañas no maduras, ya que se estima que la acción de un buen madurador puede permitir obtener 5 kg de más por cada tonelada de caña cosechada. Bajo estas premisas esta es una práctica atractiva y rentable para los ingenios azucareros.

Luego de culminar la recolección de información y su posterior análisis estadístico, se pudo apreciar que los tratamientos diferentes a glifosato presentan una buena posibilidad de uso ya que presentaron mayor producción de toneladas de caña por hectárea sembrada y mayor contenido de sacarosa expresado en grados brix. La utilización de este tipo de productos se presenta como una alternativa amigable con el medio ambiente por lo que se propone continuar evaluando productos de esta naturaleza.

La evaluación de todas las variables en el desarrollo fisiológico del cultivo de caña de azúcar permite obtener mayores beneficios económicos, por lo tanto se requiere de aportar al cultivo todos los elementos necesarios para la obtención de una buena producción. El éxito de la maduración de síntesis química está íntimamente ligado a un buen aforo de la producción estimada al cosechar, esto con el fin de que la dosis de producto a aplicar sea el adecuado.

En la evaluación de los 9 tratamientos se tomaron los datos correspondientes a altura de los tallos seleccionados para el seguimiento, concentración de sacarosa expresada en grados Brix, tomando datos de los 3 tercios del tallo de caña de azúcar, todo esto en función del tiempo. Para esto se realizaron muestreos 1 vez cada mes. Los datos se comenzaron a registrar desde el mes 8 de edad fisiológica del cultivo hasta el mes 12 para analizar qué cambios se dieron en el experimento.

En cuanto a la , evaluación de grados Brix en los tallos de caña de azúcar, esta se realizó, dividiendo el mismo en tres (3) partes, debido a que la caña de azúcar de forma natural presenta después del 4 mes azúcares en el tercio inferior. Al iniciar el experimento se encontró que los tercios medios e inferiores presentaban los menores contenidos de azúcar, al completar la recolección de los datos a la edad de 12 meses del cultivo encontramos que el tercio medio presento los mayores contenidos de azúcar, y que la totalidad del tallo evaluado, presentaba

una maduración homogénea. Se puede inferir que la evaluación de contenido de sacarosa se debe hacer solo en el mes 12 de edad fisiología del cultivo.

6. CONCLUSIONES

- La concentración de azúcares en el tallo de caña, variedad CC 85 - 92 para los tratamientos evaluados presentó mayores valores en el tercio medio, factor importante a tener en cuenta a la hora de muestrear con el fin de reducir los errores de estimación.
- Para el tipo de suelo de la hacienda San Rafael, no se encontró diferencia entre la aplicación de madurantes de síntesis química y no herbicidas, a la hora de evaluar su efecto sobre la altura de planta y la concentración de azúcares en tallos, lo que indica la viabilidad de la sustitución en aras de reducir los costos de producción y el impacto ambiental.
- Los mejores tratamientos de síntesis orgánica fueron Agrofosfato y Carboxy, los cuales concentraron en promedio 1° brix más en la planta de caña de azúcar, comparado con otros productos, logrando mayor rendimiento y mejores beneficios económicos para la industria azucarera.
- En la aplicación de productos orgánicos, se evidenció que no existen diferencias significativas con respecto a concentración de sacarosa en los tallos, comparado con los productos de síntesis química, esto conllevó a minimizar el impacto causado por los residuos químicos utilizados en las aplicaciones de madurantes en la caña de azúcar.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la mejor opción es evaluar el contenido de sacarosa en el mes 12, debido a que en este mes se obtienen los mayores grados de concentraciones de azúcares en la planta de la caña de azúcar, permitiendo conocer más el comportamiento fisiológico de la variedad CC 85 – 92.
- Se recomienda evaluar los contenidos de sacarosa en el tercio medio ya que presenta mayor contenido de azúcares, permitiendo obtener información más precisa y minimizar los costos en el proceso de la evaluación, en la toma de datos en el campo donde se encuentra establecido el ensayo de la investigación.
- Se sugiere evaluar nuevos productos con diferentes dosis con el fin de lograr una mayor concentración de sacarosa en la caña de azúcar, o igual concentración que se obtiene con los productos de síntesis químicos como son el ROUNDUP- UP 747 y Glifosol Green que son los más utilizados por el sector azucarero.
- Proponer la realización de más ensayos utilizando los productos de síntesis química y orgánica con cantidades mayores de aplicación con más repeticiones que faciliten obtener más información del comportamiento y asimilación del producto de la variedad asignada en la zona agroecológica.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Arcila Arias, J. 1986. Maduración química de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). En *Tecnicaña. El cultivo de la caña de azúcar. Memorias del curso dictado en Cali, 28 julio-1 agosto, 1986, Cali, Tecnicaña.* p. 323-347.
2. Arcila Arias, J; Villegas T.F. 2003. Madurantes en caña de azúcar: manual de procedimientos y normas para su aplicación. Cali, Cénicaña. 66p (Serie Técnica no. 32).
3. Arcila A, J 1995. Uso de madurantes. In: Cassalet, C; Torres, j; Isaacs, C (eds.). *El Cultivo de la Caña en la Zona Azucarera de Colombia Cali, CENICAÑA.* P. 315-335.
4. BarneondAdrover, HR. 2002. Reseña histórica de las aplicaciones de madurante en el ingenio Tierra Nueva Concepcion, Escuintla, Periodo 1994-1999.
5. Buenaventura O, C, E 1986. control de la maduración de la caña de azúcar, en: *el cultivo de la caña de azúcar, Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA). Memorias de un curso dictado en Cali, julio 28-agosto 1, 1986.* p 299-307.
6. Buenaventura Osorio, CE. 1984. Aplicación de madurantes químicos para aumentar la producción de azúcar en el valle del Cauca, Cali. Colombia, CENICAÑA. 29 P. (Documento de trabajo no. 045)
7. BarneondAdrover, HR. 2002. Reseña histórica de las aplicaciones de madurante en el ingenio Tierra Buena, Nueva Concepción, Escuintla, periodo 1994-1999. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 57p.
8. CENICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia). 1984. control de la maduración y calidad de la caña de azúcar: En informe Anual del programa de Agronomía 1984. Cali, Colombia. P. 73-74

9. Cuellar Cano, J; castro, JC; Arana D, CH. 1997. Bioestimulantes de biomasa y rendimiento aplicados en la época de maduración de la caña con y sin glifosato. In: Congreso de la sociedad Colombiana de Tecnicos de la Caña de Azúcar (4, 1997, CO). Memorias.Cali, Colombia, Tecnicaña. P 401-409
10. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de Azúcar, GT). 2009 Composición varietal de la agroindustria azucarera en Guatemala. Guatemala, Boletín Técnico no. 1, 60p.
11. Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (1, 1984, CO). Cali, Colombia, Tecnicaña. p. 10-20.
12. Cock, j.; Luna, C. A.; y Palma, 1993. El clima y el rendimiento de la caña de azúcar. En: Foro sobre avances técnicos en el sector azucarero colombiano. Octubre de 2000. (CENICAÑA).
13. Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. New York, US, Columbia university Press. 1262 p.
14. Daniels, J; Roach, BT. 1987. Taxonomy and evolution, in sugarcane improvement through breeding. Holanda, Elsevier. p. 7-84
15. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA, 1995. p.315-335.
16. Franz, JE; Mao, MK.; y Sikorski, JA. 1997 Glyphosate: a unique global herbicide. Washington, DC. US, American Chemical Society. 653 p. (ACS Monograph no. 189)
17. Fernández, R., A. Dávila y F. Del Toro. (1983). Botánica y Fisiología de la caña de
de
18. azúcar. Edit. Pueblo y Educación. La Habana. 244 pp.
19. Habana. 712 pp. • Rodríguez, S. y D. Hernández. (1994). Efecto del Fluzifop-butil sobre la maduración de la caña de azúcar. Caña de Azúcar. 12(2): 61-71.
20. Humbert, Roger P. El cultivo de la caña de azúcar. México, Cia Editorial Continental, 1974.

21. ICA Sección del valle del Cauca (Instituto Colombiano Agropecuario CO). 2000. Resolución no 00099 del 12 septiembre de 2000. Cali, Colombia. 2 p
22. ICA (Instituto Colombiano Agropecuario CO). 1995. Normas del ICA en materia de insumos agrícolas - bioinsumos, abonos, enmiendas, acondicionadores, reguladores fisiológicos, coadyuvantes y plaguicidas, resolución no. 3079 del 19 de octubre de 1995. Santafé de Bogotá, Colombia. 43 p.
23. ICI Agrochemicals. 1987. Fluazifop-p-butil: su seguridad a la salud humana y el medio ambiente. US, Boletín Agroquímica. 8 p
24. LARRAHONDO, J.E VILLEGAS, F. Control y características de maduración. En: CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali.
25. Ministerio de Salud Pública de Colombia, CO. 1991. Decreto no. 1843 del 22 de julio de 1991: se reglamenta el uso y manejo de plaguicidas. Santa Fe de Bogotá, Colombia, Diario Oficial de la República, ago 26, 24 p.
26. Portillo, FN. 1999. Evaluación de tres sulfonilureas solas y con glifosato, como inhibidoras de flor y su efecto en el rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum Spp.*) en Escuintal. Investigación inferencial. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 65p.
27. Por Ings. Agrs. Romero, E.R.; Scandalariis, J.; Olea, I.; Sotillo, S. Fuente: Gacetilla Agroindustrial, N° 58, Marzo 1997 – EEAOC.
28. Samuels, G. 1984. La madurez de la caña de azúcar teórica y práctica. En: Seminario Interamericano de la caña de azúcar. Miami, Florida. p. 479-485.
29. Torres, JS; Besosa, R; Gaviria, LF; Dominguez, JC. 2000. Respuesta de la variedad CC 85-92 a los dos madurantes. In Congreso Colombiano de la Asociación de Técnicos de la Caña de Azúcar (5, 2000, CO). Cali, Colombia, CENICAÑA. 21 P (Documento de trabajo. 442
30. TOKESHI, H., 1980 – Doenças Da Cana de Açúcar. Piracicaba ESALQ/USP (Separada del libro Manual de Fitopatología Vol. II. Editora Agronómica Ceres Ltda.), 206 p.

31. Rodríguez, NM. S.f. Calidad de agua y agroquímicos (en línea). Guatemala, Agronort insumos agropecuarios. Disponible en <http://www.agronort.com/informacion/calidagua.html>
32. Vasques Quintero, H; Arcila, J. 1984. Analisis de la aplicación comercial de madurantes en el Ingenio Risaralda. In: Congreso de la sociedad Colombiana de técnicos de la Caña de Azúcar (1, 1984, CO). Cali Colombia, Tecnicaña. P. 10-20.
33. Villegas T, F. 1992. Avances de la investigación con madurantes. Cali, Colombia CENICAÑA. 18 p. 50 (Documento de trabajo, no 265).
34. Vásquez Quintero, H; Arcila Arias, J. 1984. Análisis de la aplicación comercial de madurantes en el IngenioRisaralda. In: Congreso de la Sociedad.
35. Yang, SJ. 1981. Es Yang, SJ. 1981. Study on chemical ripening of sugarcane in the Cauca valley. Cali. Cali, Colombia, CENICAÑA. 22 p. (Documento de trabajo no. 047).

12. ANEXOS

Anexo 1

N	Subconjunto			
	1	2	3	4
27	17,0452			
27		18,2344		
27		18,4563		
27			19,2807	
27				22,4611
	1,000	,539	1,000	1,000

Tabla Nº 5. Prueba de Duncan del comportamiento de cada mes. Fuente: Campo y Reina (2013).

ANEXO 2

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: BRIX

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	514,444 ^a	54	9,527	5,450	,000
Intersección	39272,314	1	39272,314	22465,810	,000
TRATAMIENTO	21,328	10	2,133	1,220	,291
MES	379,328	4	94,832	54,249	,000
TRATAMIENTO * MES	41,799	40	1,045	,598	,962
Error	139,847	80	1,748		
Total	49880,724	135			
Total corregida	654,291	134			

a. R cuadrado = ,786 (R cuadrado corregida = ,642)

Tabla Nº 6. Variables dependientes de Brix. Fuente: Campo y Reina (2013).

ANEXO 3

Pruebas de los efectos inter-sujetos					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	61,975 ^a	28	2,213	2,141	,009
Intersección	40714,272	1	40714,272	39386,429	,000
Tratamiento	41,506	8	5,188	5,019	,000
Bloque	8,914	2	4,457	4,311	,019
Tercio	6,617	2	3,309	3,201	,049
Tratamiento * Tercio	4,938	16	,309	,299	,995
Error	53,753	52	1,034		
Total	40830,000	81			
Total corregida	115,728	80			

a. R cuadrado = ,536 (R cuadrado corregida = ,285)

Tabla Nº 7. Variable dependiente Brix12. Fuente: Campo y Reina (2013).

2. Tercio * Tratamiento Variable dependiente: Brix12					
Tercio	Tratamiento	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
				Límite inferior	Límite superior
inferior	Abbies	21,333	,587	20,155	22,511
	Agrofosfato	22,333	,587	21,155	23,511
	Brixxer	22,333	,587	21,155	23,511
	Carboxy	22,333	,587	21,155	23,511
	GLISOFOL GREEN	23,667	,587	22,489	24,845
	K-FOL +SULFATO DE AMONIO	22,000	,587	20,822	23,178
	RUP 747 +Brixxer	22,333	,587	21,155	23,511
	RUP 747	22,667	,587	21,489	23,845

	Testigo	21,667	,587	20,489	22,845
medio	Abbies	21,667	,587	20,489	22,845
	Agrofosfato	23,000	,587	21,822	24,178
	Brixxer	22,333	,587	21,155	23,511
	Carboxy	23,333	,587	22,155	24,511
	GLISOFOL GREEN	24,000	,587	22,822	25,178
	K-FOL +SULFATO DE AMONIO	22,667	,587	21,489	23,845
	RUP 747 +Brixxer	22,333	,587	21,155	23,511
	RUP 747	24,000	,587	22,822	25,178
	Testigo	22,000	,587	20,822	23,178
superior	Abbies	21,000	,587	19,822	22,178
	Agrofosfato	22,333	,587	21,155	23,511
	Brixxer	22,000	,587	20,822	23,178
	Carboxy	22,333	,587	21,155	23,511
	GLISOFOL GREEN	23,667	,587	22,489	24,845
	K-FOL +SULFATO DE AMONIO	21,333	,587	20,155	22,511
	RUP 747 +Brixxer	21,333	,587	20,155	22,511
	RUP 747	23,333	,587	22,155	24,511
	Testigo	22,000	,587	20,822	23,178

Tabla nº 8. Variable de tercio por tratamiento. Fuente: Campo y Reina (2013).

ANEXO 4

BRIX

Duncan^{a,b}

TRATAMIENTO	N	Subconjunto		
		1	2	3
Abbies	3	21,3333		
K-FOL +SULFATO DE AMONIO	3	22,0000	22,0000	
RUP 747 +Brixer	3	22,0000	22,0000	
Brixer	3	22,2233	22,2233	22,2233
Testigo	3	22,2567	22,2567	22,2567
Agrofosfato	3	22,5533	22,5533	22,5533
Carboxy	3	22,6700	22,6700	22,6700
RUP 747	3		23,3333	23,3333
GLISOFOL GREEN	3			23,7800
Sig.		,099	,100	,056

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,686.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000

b. Alfa = 0,05.

Tabla nº 9. Prueba de Duncan del comportamiento del Brix por tratamiento. Fuente: Campo y Reina (2013).

ANEXO 5

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: BRIX

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	4734,593 ^a	10	473,459	4,531	,004
Intersección	1084404,481	1	1084404,481	10377,536	,000
TRATAMIENTO	1810,519	8	226,315	2,166	,090
BLOQUE	2924,074	2	1462,037	13,991	,000
Error	1671,926	16	104,495		
Total	1090811,000	27			
Total corregida	6406,519	26			

a. R cuadrado = ,739 (R cuadrado corregida = ,576)

Tabla nº 10 Prueba de los efectos inter- sujetos de la variable independiente de Brix. Fuente: Campo y Reina (2013).

ANEXO 6

Duncan^{a,b}

TRATAMIENTO	N	Subconjunto		
		1	2	3
GLISOFOL GREEN	3	186,33		
RUP 747	3	188,67	188,67	
Carboxy	3	197,33	197,33	197,33
Agrofosfato	3	201,00	201,00	201,00
Testigo	3	201,33	201,33	201,33
RUP 747 +Brixer	3	202,00	202,00	202,00
K-FOL +SULFATO DE AMONIO	3		206,33	206,33
Brixer	3		207,00	207,00
Abbies	3			213,67
Sig.		,112	,069	,102

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 104,495.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000

b. Alfa = 0,05.

Tabla nº 11 Prueba de Duncan de la altura de los tratamientos del ensayo. Fuente: Campo y Reina (2013).

ANEXO 7 EVIDENCIAS DE LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN EN CAMPO.



Figura Nº 6. Marcación de los tratamientos. Fuente: (Reina, 2013).



Figura Nº.7. Realización de las entradas. Fuente: (Reina, 2013).



Figura Nº 8. Bandereo. Fuente: (Reina, 2013).



Figura Nº 9. Aplicación de madurantes. Fuente: (Reina, 2013).



Figura Nº 10. Toma de brix. Fuente: (Reina, 2013).

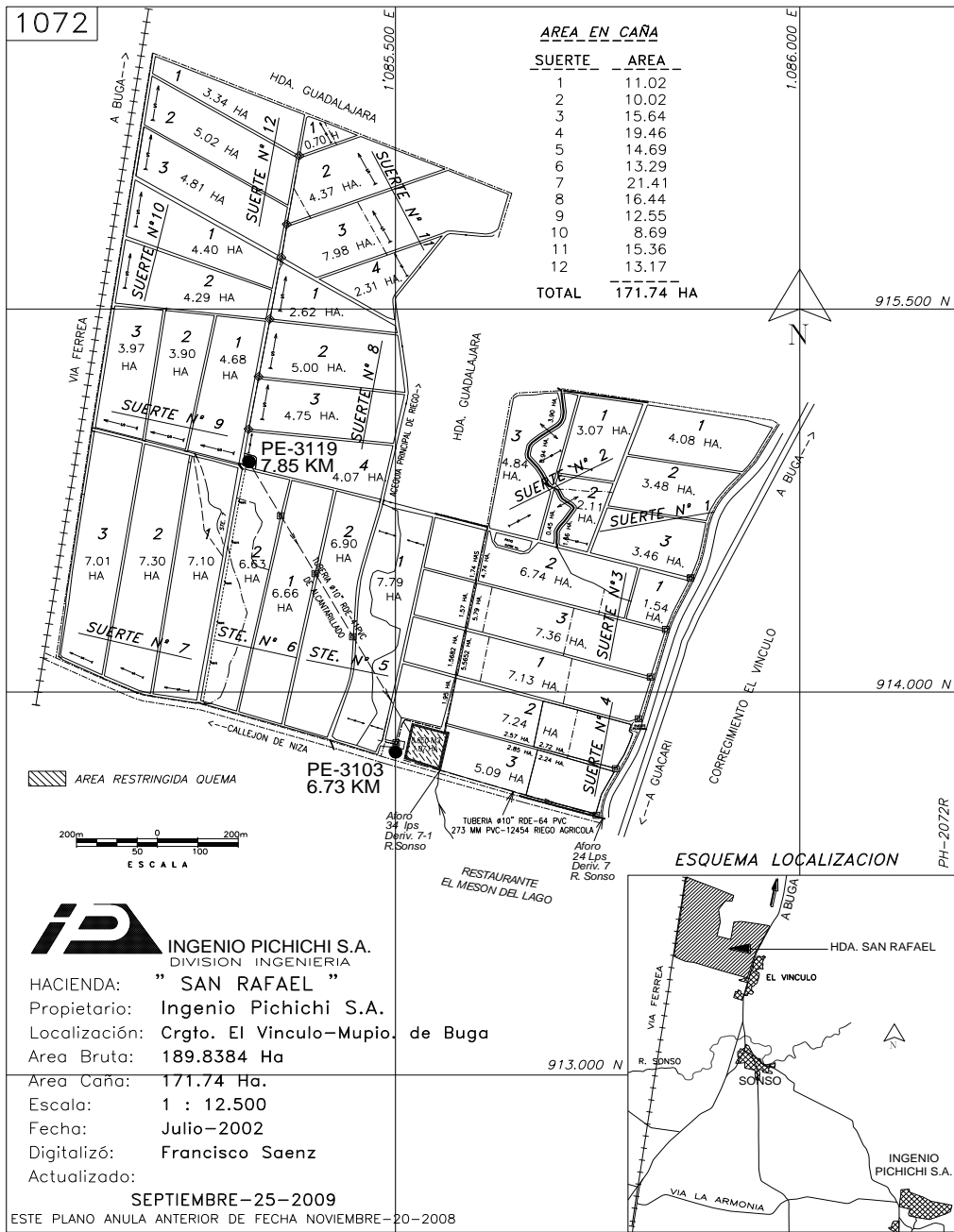


Figura Nº 11. Sitio del ensayo .Fuente: Ingenio Pichichi S.A (2013)

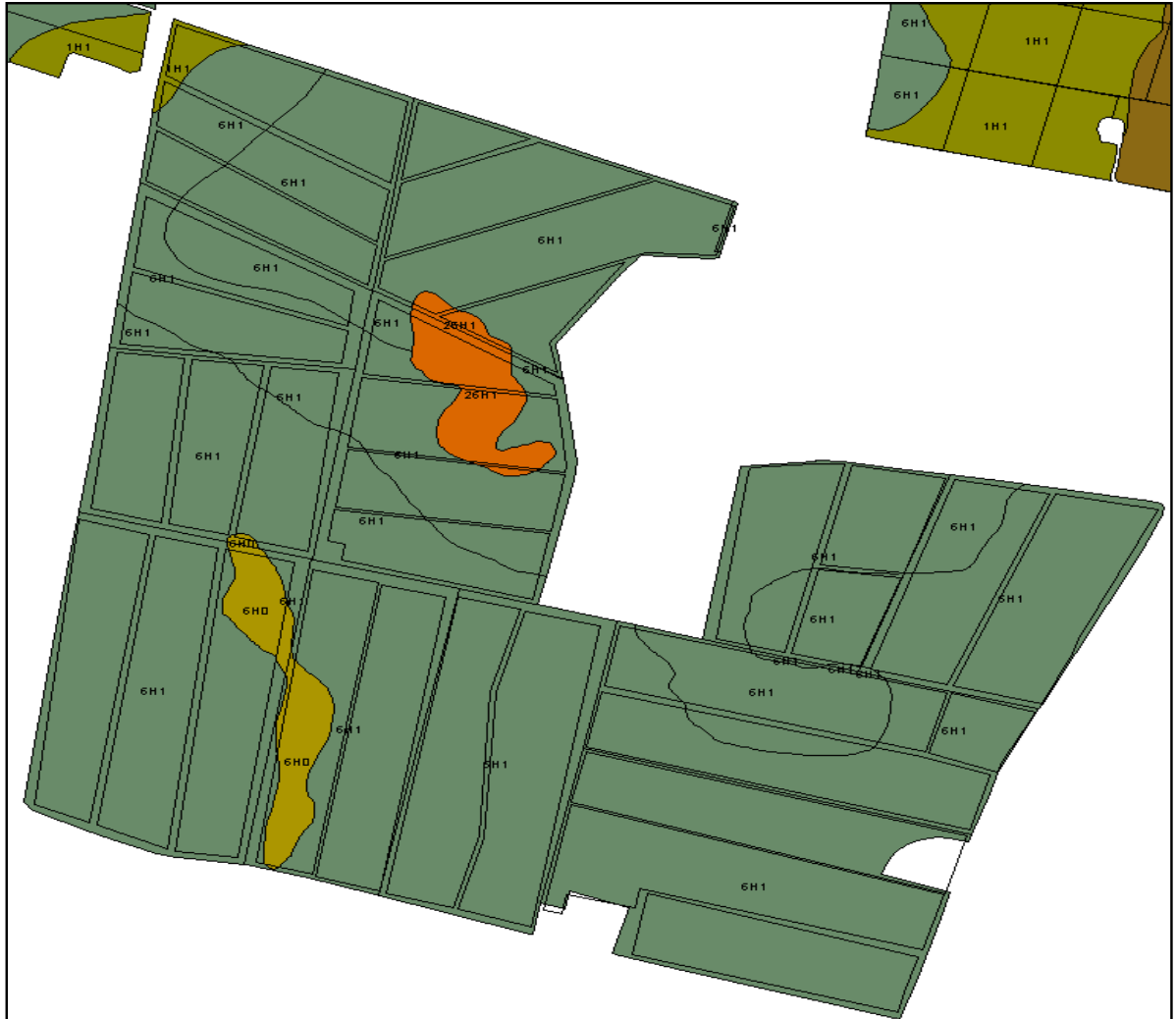


Figura Nº 12. Zona agroecológica de la hacienda San Rafael. .Fuente Ingenio Pichichi S.A