

CAPÍTULO I

1.- INTRODUCCIÓN.-

Barreto (1996), indica que la caña de azúcar constituye el cultivo sacarífero más importante del mundo, responsable del 70% de la producción total de azúcar. Este cultivo se extiende a lo largo de los trópicos y subtropicos, entre los 36.5 ° latitud Norte (España) hasta los 31° latitud Sur (Uruguay y Australia). Su capacidad productiva varia, entre las zonas cañeras tropicales y subtropicales, de 40 a 150t/ha de caña y de 3.5 a 15t/ha de azúcar.

Las innovaciones tecnológicas adoptadas por el sector, las mejoras en el manejo de los cañaverales, la incorporación de variedades, el uso de madurativos y de semilla saneada, entre otras, generaron incrementos importantes en la productividad, lo que se revela al comparar el rendimiento cultural promedio (Cárdenas, 1995).

Daniels (1987), menciona que 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 (Facounnier, 1975).

Según Arcilla (1990), cuando las condiciones naturales no son favorables para la maduración de la caña de azúcar, es posible inducirla aplicando productos químicos conocidos como madurantes. Un madurante es un compuesto orgánico que aplicado en pequeñas cantidades, inhibe, fomenta o modifica de alguna forma, procesos fisiológicos de la planta. En caña de azúcar, estos compuestos actúan como reguladores de crecimiento que favorecen la mayor concentración de sacarosa.

Fogliata (1995), afirma que la aplicación de Madurantes en caña de azúcar se ha hecho una actividad muy importante en el cultivo, ya que posee muchas ventajas, las cuales se aprovechan principalmente en el manejo de la cosecha teniendo como uno de sus objetivos el incrementar los rendimientos en libras de azúcar por tonelada de caña, favoreciendo a la maximización de ganancias. Actualmente la mayoría de áreas cultivadas con caña son aplicadas con madurantes a base de glifosatos.

Desde (1920), se viene investigando sobre el uso de madurantes no sólo en caña de azúcar, sino también en cultivos de soya, maíz, piña y sorgo. Una de las prácticas más antiguas, utilizada para aumentar el contenido de sacarosa, consiste en reducir el área foliar cortando varias hojas de la planta, técnica que actualmente no se practica (Arcila, 1986).

En los trabajos de investigación, tanto en la época de crecimiento como en la de maduración, se han evaluado varias técnicas y productos químicos. Las técnicas ensayadas en la época de crecimiento incluyen principalmente la fertilización con macro y micronutrientes y el uso de enmiendas en el suelo como la cal y la materia orgánica. El uso de productos químicos para mejorar la calidad de los jugos de la caña, ha sido evaluado principalmente en aquellas zonas donde las condiciones climáticas de temperatura y precipitación no favorecen la maduración natural (Buenaventura et al., 1984).

Los primeros ensayos con madurantes se realizaron en Hawaii, Cuba, India y Australia, utilizando 2,4-D, ácido giberélico y TBA (2,3, 6- Triclorobenzoico) sin que se encontraran resultados significativos en el aumento del contenido de sacarosa (Azzi et al., 1978; Chacravarti et al., 1956; Coleman et al., 1960). En Barbados tampoco encontraron efectos significativos por el uso de varios compuestos en el mejoramiento de la calidad de la caña, entre ellos: sulfato y nitrato de cobre, nitrato de zinc, glicerol, etanol, fluoruro de sodio; 2,4-D; y 2,4,5-T (Arcila, 1986).

A partir de 1970 aparecieron varios compuestos que han dado buenos resultados como madurantes. Los más importantes son Ethrel, Asulox, Embark, Polaris, Polado y Roundup, que se han utilizado con éxito en Hawái, México, Florida, Luisiana, Puerto Rico, Brasil y Sudáfrica. Los compuestos evaluados a nivel mundial que han mostrado los mejores resultados son Polaris o glifosina (N-N-bisfosfometil-glicina); Polado (sal sódica de glifosato); Roundup (sal isopropilamina de glifosato) y Ethephon o Ethrel. El Roundup se utiliza generalmente como herbicida, pero también se puede aplicar como madurante en caña. En varias regiones tropicales, este producto ha mostrado un mejor efecto en la maduración que la glifosina (Eastwood, 1976).

Julien (1977), indica que los maduradores de caña se usan en casi todas las regiones geográficas del mundo de la Industria Azucarera. Los maduradores de caña no han mostrado ningún beneficio directo o efecto restante en la producción de caña. Maduradores de caña aumentaron la maduración y el contenido de azúcar. Los maduradores de caña aumentan el contenido de azúcar por medio de varios mecanismos y los mecanismos fisiológicos dependen de los ingredientes activos de los agentes maduradores.

Maduradores de caña son enriquecidos por ayudantes especiales. Ayudantes especiales son usados en conjunto con maduradores de caña. Los ayudantes especiales aumentan la actividad de maduración y aumenta directamente el contenido de azúcar. Sin el agente madurador, los ayudantes especiales son inactivos, biodegradables, y no muestran ningún efecto fisiológico cuando se aplican a la caña (Clowes, 1980).

Según Cárdenas (1995), los ayudantes especiales están formados de un compuesto químico único y aumentan el contenido de azúcar cuando son usados con maduradores de caña como Fusilado, Glifosato, Touchdown, Ethrel, etc. Ayudantes especiales cuando son combinados con maduradores de caña aumenta el contenido de azúcar por volumen de toneladas (biomása ton) por 10-15% comparados cuando se usan exclusivamente los maduradores de caña. La maduración química busca modificar las condiciones naturales de maduración de la caña de azúcar, a fin de lograr un incremento temprano del contenido de

sacarosa sin afectar la producción cultural. Permite, además, un despunte más alto y disminución del trash que llega a fábrica.

Las alternativas químicas más utilizadas son algunos herbicidas totales como el glifosato y graminicidas, donde se destacan el Fluazifop (Onecide); en Tucumán se incorporan el Cletodim (Select) y el Haloxifop (Galant).

En la elección de lote a madurar se deben priorizar lotes de socas jóvenes, de variedades de respuesta comprobada a los madurativos con niveles de producción mayores a 50-60 t/ha, lotes que no han sufrido estrés severo por sequía, exceso de agua, enfermedades o plagas, lotes con aptitud para la aplicación aérea y una gran probabilidad de disponerlos en condiciones adecuadas para efectuar la cosecha dentro del período óptimo de cosecha condiciones de piso, entre otras, (Rosch, 1987).

1.2.- JUSTIFICACIÓN.-

La Agroindustria cañera está necesitada, como nunca antes, de multiplicar sus esfuerzos en aras de incrementar los volúmenes de producción de azúcar por unidad de área. Para el logro de tales objetivos se impone un trabajo eficiente de conjunto, tanto en las actividades relacionadas con la recuperación cañera como en la eficiencia industrial.

Tomando en cuenta que la variedad BTB es de maduración temprana existe la necesidad de utilizar un madurador que nos permita mantener las características óptimas para la cosecha y así obtener un mayor rendimiento en campo y en la industria.

La presente investigación pretende aportar conocimientos a todas las personas, empresas, cooperativas e instituciones que tengan el interés de usar el glifosato como madurador.

A todo esto se suma el hecho de que no hay investigaciones acerca del tema en el cultivo de caña de azúcar, tomando en cuenta que en la región de Bermejo la cosecha no tiene un orden establecido y cosecha primero el que tiene las condiciones de personal zafrero y transporte.

1.3.- OBJETIVOS.-

Los objetivos de la investigación son los siguientes:

1.3.1.- OBJETIVO GENERAL.-

- Evaluar la respuesta a la aplicación de glifosato como madurador de caña de azúcar en la variedad BTB 89-386.

1.3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.-

- Evaluar el brix obtenido mediante análisis de laboratorio.
- Cuantificar la pol obtenida mediante análisis de laboratorio.
- Determinar la pureza del jugo mediante un análisis de laboratorio.
- Valorar económicamente los resultados de la aplicación del madurante.

1.4.- HIPÓTESIS.-

La aplicación del madurante glifosato aumenta el contenido de azúcar, evitando la pérdida de la calidad de la misma.

CAPÍTULO II

2.- MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.-

2.1. Generalidades de la caña de azúcar.-

Según Gómez (1983), la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) procede originalmente de Asia, es una planta herbácea perenne, se adapta a condiciones climatológicas asociadas al clima tropical y subtropical, presenta una amplia tolerancia a la altura ya que se adapta desde el nivel del mar hasta los 1623 m.s.n.m.

Cárdenas (1995), afirma que estudios efectuados recientemente indica que la caña de azúcar no es originaria de la india como se creía, sino de Nueva Guinea con la relación a la zona climática, se desarrolla en regiones tropicales y semi- tropicales del mundo. La caña de azúcar se utiliza como alimento hace más de 2.500 años. El azúcar en forma sólida era azada en Persia en el año 500 de nuestra era. En América fue introducida por Cristóbal Colon, en su segundo viaje. La llevó a Santo Domingo donde se sabe que en el año 1.513 se produjo azúcar. En el año 1.600 la producción de azúcar en América estaba considerada como la mayor industria del mundo.

La caña de azúcar es posiblemente el cultivo tropical de mayor eficiencia en la fotosíntesis y en los mecanismos de producción de biomasa, por ser una planta de tipo C4 tiene la mayor capacidad para utilizar las altas intensidades de energía solar con un requisito reducido de agua y poder producir 3,8 veces más energía que los cereales, (Preston, 1980).

El ser un cultivo perenne le permite una captura permanente de la energía solar, a pesar que la cosecha de la planta se realiza aproximadamente cada año, su máxima capacidad de rebrotes le permite varias cosechas sucesivas a partir de la siembra inicial. Por lo general las renovaciones del cultivo se realizan cada 4 – 8 años, esto logra disminuir los costos de producción ya que permite hacer un uso más eficiente del agua y del suelo (Humbert, 1993).

2.1.2. Clasificación Taxonómica:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Andropogoneae

Género: Saccharum

Especie: officinarum

Fuente Romero, (2009).

2.2.-Principales Productores de Caña de Azúcar en el Mundo

La FAO (2003), publicó la caña de azúcar ocupa un área de 20.42 millones de hectáreas en todo el mundo, con una producción total de 1333 millones de toneladas métricas. El área cultivada con caña de azúcar y la productividad difieren considerablemente de un país a otro (Tabla 1). Brasil tiene la mayor área (5.343 millones de ha), mientras que Australia tiene la mayor productividad promedio (85.1 ton/ha). De los 121 países productores de caña de azúcar, 15 países (Brasil, India, China, Tailandia, Pakistán, Méjico, Cuba, Colombia, Australia, USA, Filipinas, Sudáfrica, Argentina, Myanmar, Bangladesh) concentran el 86.0% del área y el 87.1% de la producción mundial (cuadro N° 1). Del total de producción de azúcar blanca cristalizada, el 70% proviene de la caña de azúcar y 30% viene de la remolacha azucarera.

CUADRO N° 1
PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE CAÑA DE AZÚCAR
DURANTE EL AÑO 2003

País	Producción (tn) *	Superficie (ha)	Rendimiento (tn/ ha) *
Brasil	386232000	5303560	72,825
India	290000000	4300000	67,442
China	93900000	1328000	70,708
Tailandia	74071952	970000	76,363
México	45126500	639061	70,614
Pakistán	52055800	1086000	47,934
Colombia	36600000	435000	84,138
Australia	36012000	423000	85,135
Cuba	34700000	1041200	33,327
Fuente: FAO (2003) * Base Húmeda			

2.2.1. Producción de azúcar en Santa Cruz

Según Burgos (2007), la actividad industrial azucarera se inicia en Bolivia en 1941 y para entonces ya existían en el departamento de Santa Cruz alrededor de 3.000 hectáreas cultivadas de caña de azúcar; con ella se producía azúcar “baya” o “negra” y alcohol. Fue en 1944 cuando se fabricó por primera vez azúcar blanca cristalizada. Paralelamente a la producción local, también se importaba azúcar. En la década de los 60, Bolivia se autoabastece de azúcar e inicia una etapa de exportación; en las décadas siguientes la importación sólo ocurrió en casos excepcionales por cuestiones climatológicas o bajas en los precios internacionales. Actualmente, el área de producción de caña de azúcar en el departamento de Santa Cruz está ubicada en 9 municipios: Andrés Ibáñez, La Guardia, El Tomo, Cotoca, Warnes, Portachuelo, Montero, Mineros y General Saavedra. Esta zona abarca más de 100.000 hectáreas cultivadas que, de acuerdo a su extensión, las propiedades

se clasifican en pequeñas, hasta 20 has.; medianas, de 20 a 50 has., y grandes, mayores a 50 has.; las pequeñas y medianas propiedades abarcan el 35% y las grandes el 65%. Santa Cruz cuenta con 4 ingenios productores: San Aurelio, La Bélgica, Guabirá y UNAGRO, que en conjunto producen algo más de 10 millones de quintales de azúcar. Pequeños productores elaboran desde siempre la chancaca o “empanizao” y en los últimos años están exportando al Japón; no hay estadísticas centralizadas de esta información. Con relación a la producción de alcohol, éste ha sido siempre para el uso doméstico, farmacéutico y la preparación de bebidas alcohólicas. En julio de 2005, el gobierno dictó una ley por la cual los productores de combustibles podrán añadir alcohol de caña entre un 10 y un 25%, en periodo de aplicación industrial de cinco años. No se tienen cifras oficiales acerca de cantidades producidas de alcohol.

2.2.2. El Cultivo de la Caña de Azúcar en Bermejo

Erazo (2001), en su trabajo de tesis expresa que la caña de azúcar en la región de Bermejo se convierte en un cultivo de importancia, como consecuencia del foro realizado en la ciudad de Tarija auspiciado por la Facultad de Economía denominado “INGENIO AZUCARERO DE BERMEJO” donde la Corporación Boliviana de Fomento, Institución Estatal que tiene a cargo este y muchos planes explica la etapa inicial de realizaciones en cuanto al ingenio Azucarero se refiere.

El Informe Anual del Consejo Nacional de la Caña y del Azúcar” Santa Cruz – Bolivia.

CNECA (1969 – 1970) menciona, en el año 1968 el nuevo ingenio ubicado en la localidad de Bermejo, Departamento de Tarija, hizo su molienda de prueba en base a la plantación de caña propia y de agricultores asentados en la zona. No obstante la buena calidad de caña, por efecto de inesperadas heladas se perdió muchas plantaciones en pleno estado de corte tanto del Ingenio como de Particulares. En fecha de 8 de junio de 1968 el Ingenio “STEPHEN LEIGH” dio inicio a su primera zafra habiendo concluido el 3 de octubre del mismo año.

Coreza (1998), hace notar que con el transcurso de los años y a través de CIMCABJO, se introdujeron tantas variedades que luego fueron recomendadas al productor son tener datos

precisos para su expansión comercial, de ahí que, existe en Bermejo alrededor de 226 variedades CNECA – B (1987 – 1988) para una superficie relativamente pequeña que no necesitaba más allá de una 8 a 10 variedades, entre tempranas, intermedias y tardías, las más difundidas son: CP 48103, 75361, NA 5662, 5679, 78639, 843920. SP 701078, 701143 Y TUC7420, 7426, 7825, 7742. También se menciona que se tiene una superficie de 10000 hectáreas cultivadas con un rendimiento promedio de 50 toneladas hectárea.

2.3. Procesos anatómicos y morfológicos.-

Los azúcares formados en la fotosíntesis como son, en su orden, glucosa y fructosa, sufren un proceso de síntesis en el cloroplasto, para convertirse en sacarosa después de una serie de reacciones químicas catalizadas por enzimas presentes en su mayoría en el estroma de este organelo celular. La sacarosa se translocada, entonces de las hojas hacia el tallo y las raíces a través del tejido de conducción denominado floema (Vered, 2008).

Figuroa (1990), indica que en el tallo, sigue un orden de acumulación en las células parenquimatosas o de distribución hacia las zonas de crecimiento en donde es desdoblada, fundamentalmente bajo la acción de la invertasa ácida, en los reductores, glucosa y fructosa que son los azúcares que pueden ingresar al proceso de respiración celular en donde se degradan para producir la energía necesaria para el crecimiento y desarrollo de las células jóvenes.

Cárdenas (1995), indica que una vez ingresada al tejido parenquimatoso del tallo, la sacarosa, bajo la acción de la invertasa neutra, se desdobla en glucosa y fructosa, pero inmediatamente, por la acción de un proceso defosforilación, da origen de nuevo a la sacarosa que se almacena en las células del mencionado tejido. El almacenamiento de sacarosa en el tallo sigue un patrón basipéto, es decir el azúcar se mueve hacia abajo y se va acumulando en los entrenudos inferiores, disminuyendo su concentración a medida que se asciende hacia el tercio superior del mismo.

La concentración de sacarosa difiere de un tipo de tejido a otro, según sea éste, tejido joven o tejido maduro, estando influenciada por la presencia de diferentes invertasas (enzimas) y por los requerimientos de energía para el crecimiento. En los tejidos jóvenes, en donde la

expansión rápida de las células es común, las exigencias de grandes montos de energía requieren que la sacarosa sea hidrolizada rápidamente por la acción de la invertasa ácida produciendo glucosa y fructosa que, a través del proceso de respiración celular proporcionan la energía necesaria para el proceso de crecimiento (Gutiérrez, 1990).

Por otro lado Humbert (1993), afirma que en los tejidos maduros, en donde el crecimiento y desarrollo celular es mínimo, se reduce drásticamente la concentración de la invertasa ácida, predominando más bien la invertasa neutra, que aparentemente se localiza en el citoplasma, y que promueve la acumulación de la sacarosa en la vacuola.

2.4. Determinación de la Madurez.-

Para Micale (2001), la cosecha de la caña de azúcar realizada en el tiempo adecuado, o sea, en la fase de máxima maduración, mediante el empleo de una técnica adecuada, es necesaria para alcanzar el peso máximo de las cañas procesables (y por lo tanto, de azúcar) con pérdidas de campo mínimas, para las condiciones de crecimiento existentes. La caña de azúcar se cosecha (madura) cuando los sólidos solubles %, que convertidos están entre 16-17°Bx, correspondiendo esto en sacarosa. Para determinar los °Bx del jugo se extrae una muestra con un sacabocado de entre el 8° y 10° nudo. Luego se muele y se determinan los °Bx.

Se fundamenta en la edad del cultivo y en la experiencia del cultivador, depende del número de meses transcurridos desde la siembra de la caña, de la altura sobre el nivel del mar, del tiempo en meses que se maneje en la región para alcanzar la madurez y de algunas características sensoriales de la caña como color; es poco exacto y confiable, máxime teniendo en cuenta los cambios climáticos que se están presentando actualmente (Humbert, 1993).

2.4.1. Pureza de jugos

Es un método analítico, expresado en porcentaje, que se basa en la relación del contenido de sacarosa que hay en el jugo de la caña, con el porcentaje de sólidos solubles expresados como grados brix, presentes en el mismo jugo, así:

$$\text{Pureza} = (\text{contenido sacarosa/ Brix}) \times 100$$

Interpretación: Resultados de pureza superiores a 90% significan altos contenidos de sacarosa, bajos porcentajes de azúcares reductores y por lo tanto buena condición de madurez, es decir caña óptima para cosechar.

2.4.2. Índice de madurez

Humbert (1993), afirma que el método que se calcula dividiendo el porcentaje promedio de sólidos Solubles (grados Brix) de la parte superior del tallo o terminal por el de la inferior o basal. Para determinarlo se debe ir al lote que se estime está maduro, en el mismo se deben hacer determinaciones del porcentaje de sólidos solubles o grados brix en el séptimo u octavo entrenudo de la parte terminal de la caña y en el cuarto o quinto de la parte basal de la misma, teniendo la precaución de no tomar cañas ubicadas en los extremos del lote pues reciben más sol, realizan una mayor fotosíntesis y por lo tanto no son representativas, posteriormente se debe hacer un recorrido en forma de “Z” haciendo determinaciones del brix terminal y basal. Tomar resultados de por lo menos 20 a 30 cañas y calcular los promedios.

2.4.3. Rendimiento.-

Rendimiento cultural: son las toneladas de caña de azúcar que se producen en una hectárea (= 10.000 m²) bajo cultivo (rendimiento por hectárea). Rendimiento fabril: cantidad de azúcar que se obtiene a partir de una determinada cantidad de caña que entra en la fábrica. Depende de la tecnología y técnica empleadas (Micale, 2001).

2.4.4. Características del Glifosato y Modo de Acción.-

Según Cruz (1990), la mayoría de los productos que se han evaluado como madurantes en caña de azúcar son herbicidas específicos para especies de hojas angostas (gramíneas), de aplicación postemergente y de acción sistémica con base en asulam y compuestos del grupo oxifenoxidos. En el valle geográfico del río Cauca, Roundup presenta buenos resultados en términos de efectividad, persistencia de su actividad y economía. Hasta 1993, este

producto, al igual que Fusilade 2000, eran los únicos registrados como madurantes en caña de azúcar en Colombia.

Es un herbicida post emergente no selectivo, de acción sistémica. Es absorbido por hojas y tallos tiernos, trasladándose hacia las raíces y partes subterráneas de las malezas, produciendo la muerte de las mismas. En especies perennes, los efectos se manifiestan después de 4 a 5 días del tratamiento, produciendo amarillamiento y marchitamiento progresivo, hasta la muerte. GLIFOGLEX 48 no deja residuos en el suelo y es inactivado al entrar en contacto con el mismo, pudiéndose sembrar inmediatamente después que el producto haya actuado. No tiene efectos sobre el control de malezas de semilla. Puede aplicarse sobre cultivos implantados, evitando el contacto con las partes verdes de las plantas (Romero, *et al.*, 2009).

Según García (1999), el Glifosato es de acción sistémica: Una vez aplicado sobre las malezas, es absorbido por hojas y tallos verdes, y trasladado hacia las raíces y órganos vegetativos subterráneos, ocasionando la muerte total de las malezas emergidas. Los efectos son lentos, sobre todo en especies perennes, donde después de transcurridos 4-5 días desde la aplicación comienza el amarillamiento y marchitamiento de hojas y tallos que culminan con la muerte total de las malezas.

Para Mora (1998), el glifosato es un herbicida no selectivo de uso muy difundido a nivel agrícola en nuestro país en diferentes cultivos. Del total de los herbicidas utilizados, el glifosato representa entre 43% a 51% en los últimos tres años (datos aportados por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). Según estos mismos datos, el volumen de ingreso a nuestro país para el año 2002 fue de 2.221.459 litros de principio activo y 5.063.461 litros de producto formulado. Existen 35 productos comerciales registrados a base de glifosato, denominación genérica del compuesto isopropilamida de N (fos-fometil) glicina, siendo el de uso más frecuente Round-up(MR).El glifosato es un ácido orgánico débil formado por una molécula de glicina y otra de fosfometilo. Su fórmula empírica es $C_3H_8NO_5P$. La pureza del glifosato de calidad técnica suele ser superior a 90%. Es un polvo cristalino blanco e inodoro con un peso específico de 1,704.

2.4.5. Mecanismo de acción

Rodríguez (2009), indica que el ingrediente activo de glifosato penetra en el follaje y se trasloca por el simplasto (tejido vivo de la planta), junto con los productos de la fotosíntesis, y se acumula en los meristemas, principalmente en el punto de crecimiento. La hipótesis más aceptada considera que el glifosato inhibe la acción de dos enzimas, la mutasa corísmica y la deshidratasa prefénica, que intervienen en la síntesis del ácido coriasmico el cual es, a su vez, precursor de tres aminoácidos exclusivos que solamente sintetizan las plantas: el triptofano, la tirocina y la fenilalanina. Se ha demostrado también que el glifosato actúa sobre la enzima invertasa ácida, necesaria para desdoblar la sacarosa en glucosa y fructosa que intervienen directamente en el crecimiento de la planta. El ingrediente activo de glifosato (Roundup) parece reducir los niveles de invertasa ácida en cañas tratadas y, por consiguiente, también disminuye los niveles de glucosa y fructosa. Como resultado de lo anterior, menos sacarosa se desdobla para crecimiento y se almacena en las células, principalmente en las del tercio superior del tallo. En consecuencia, la inhibición de la síntesis de estos tres aminoácidos, de los ocho que sintetizan las plantas, es la base de la toxicidad diferencial de Roundup entre éstas y los animales.

Es tóxico para las plantas al actuar en la vía del ácido shikímico al bloquear la formación del ácido coriasmico e inhibir la síntesis de aminoácidos aromáticos, carotenoides y clorofila. Este mecanismo de acción, inexistente en los animales, explicaría su baja toxicidad en mamíferos. La toxicidad en humanos puede deberse a la inhibición de la fosforilación oxidativa. También se ha postulado que el surfactante, usado para emulsionarlo y favorecer su acción sobre las plantas, podría ser responsable de sus efectos tóxicos (Libros agro ,2012).

En las plantas el glifosato produce reducción de la acumulación de clorofila, además de inhibir la biosíntesis de aminoácidos aromáticos a nivel de fosfosintetasas vegetales, lo que conlleva a la incapacidad de la planta para sintetizar proteínas y por lo tanto a la muerte. En los humanos podemos considerar varias vías de ingreso, entre las cuales se encuentran vía oral, inhalatoria, contacto dérmico u ocular; al ingresar al organismo aumenta el consumo

de oxígeno, se incrementa la actividad de la ATP-asa y de la adenosintrifosfotasa, y disminuye el nivel hepático de citocromo P-450, por lo que se produce desacople de la fosforilación oxidativa lo que se relaciona con toxicidad. Por la disminución de la citocromo P-450 es posible que interfiera en el metabolismo de algunos medicamentos y predisponga a porfirias (Garrido, 1985).

2.4.6. Comportamiento en el suelo

En el suelo, la molécula de glifosato se comporta como un catión. Debido a sus cargas positivas se fija fuertemente en las partículas coloidales, arcillas y materia orgánica cargadas negativamente que impiden su lixiviación. Simultáneamente ocurre un proceso de degradación por parte de los microorganismos que descomponen el ingrediente activo en compuestos naturales simples como agua, CO₂, N y fósforo. Se considera que el Roundup se biodegrada totalmente entre 60 y 90 días después de entrar en contacto con el suelo (Libros agro ,2012).

El glifosato inmoviliza los nutrientes necesarios para mantener la salud de plantas y la resistencia a las enfermedades. Este debilitamiento de la defensa de las plantas podrían explicar la infestación de los cultivos transgénicos con un nuevo agente patógeno, que ahora se ha observado en caballos, ovejas, cerdos, vacas, pollos, varios tejidos animales, incluyendo partes reproductivas (semen, líquido amniótico), estiércol, suelos, huevos, leche, como así también en los hongos patógenos comunes que actualmente infestan los cultivos RR, como *Fusarium solani* fsp. Todos están en contacto con el glifosato ya sea a través de la exposición directa o el consumo a través de la alimentación animal. También el herbicida es muy abundante en los cultivos que sufren enfermedades como marchitamiento de Goss y síndrome de muerte súbita. González, (2004).

2.4.7. Dosis de Madurantes y Volúmenes de Mezcla en Aplicaciones Comerciales

Según Fogliata (1995), indica que en general la dosis se expresa como cantidad de producto químico por unidad de superficie (lt/ha o kg/ha) y, ocasionalmente, se usa el porcentaje de concentración de la solución. El volumen total que se aplica puede variar de acuerdo con el

modo de acción del producto y el objetivo que se busca con la aplicación, en este caso la maduración de la caña de azúcar.

Aunque en las aspersiones de productos concentrados se requiere una atomización fina para obtener una distribución adecuada, las gotas deben ser lo suficientemente grandes para lograr una concentración satisfactoria en el follaje. El tamaño de las gotas es un factor importante en los estudios sobre el efecto de los herbicidas en el follaje. El daño es menor cuando disminuyen el tamaño de éstas y la cantidad de ingredientes Fito tóxicos aplicados por hectárea (Mejías, 2009).

El área del follaje que se debe cubrir por hectárea determina, hasta cierto punto, el volumen de aspersión requerido. Sin embargo, la cantidad de mezcla depende también del grado de atomización producido por el equipo de aspersión. En consecuencia, mientras más fina sea la aspersión, menor será el volumen requerido para cubrir un área determinada de follaje, excepto si la aspersión es demasiado fina y produce poco depósito (Garrido, 1985).

González (2004), menciona que en aplicaciones aéreas es necesario emplear gotas de mayor tamaño debido a las condiciones adversas ocasionadas por los vientos, como corrientes ascendentes de aire por convección o capas de aire húmedo sobre las plantas. Para determinar el volumen de la mezcla —madurante + agua + adherente— por unidad de área, se debe tener en cuenta el estado de desarrollo del cultivo y el tipo ó formulación del producto que se quiere asperjar. En general, mientras mayor sea el volumen de mezcla que se aplique por unidad de área, mejor será el cubrimiento y, por lo tanto, mejores serán los resultados.

En Colombia, después de una década de estar haciendo aplicaciones comerciales de madurantes en caña de azúcar, las dosis de los productos y los volúmenes de la mezcla se han ajustado de acuerdo con los resultados de la investigación y las experiencias en los ingenios. En un principio, las dosis de Roundup variaron entre 1.5 y 2.0 lt/ha, y los volúmenes de la mezcla entre 36 y 48 lt/ha. Actualmente se aplican entre 0.75 y 1.5 lt/ha del producto comercial y volúmenes de mezcla entre 5 y 20 lt/ha, dependiendo del tipo de aeronave y del equipo utilizado para la aspersión (González, 2004).

Chacón (2010), indica que las dosis del producto y los volúmenes de la mezcla se determinan con base en las condiciones siguientes: (1) estado de desarrollo del cultivo, (2) estado de volcamiento del cultivo, (3) tipo de suelo, (4) variedad, y (5) equipo de aplicación. En estas experiencias se evaluaron dos dosis de GLIFOSATO (0.6 y 1.2 l de p.c./ha), obteniéndose en ambos casos efectos significativos, aunque en la dosis más alta se detectó una respuesta ligeramente mayor. La menor dosis debería utilizarse en las socas jóvenes, en cambio la dosis mayor podría ser utilizada en lotes que serán, luego de la cosecha, descepados y renovados.

2.5.- Factores que Afectan la Respuesta de la Planta al Madurante

Para Buenaventura (1990), los rendimientos comerciales de un cultivo de caña de azúcar que ha recibido la aplicación de un madurante dependen de la variedad, el estado del cultivo en el momento de la aplicación, la dosis aplicada del producto comercial, el número de semanas transcurrido entre la aplicación y el corte, la edad y, de las condiciones del clima especialmente de la precipitación.

Según Arcilla (1986), con la aplicación de madurantes en caña de azúcar es posible, obtener el máximo nivel de sacarosa en los tallos, evitar reducciones drásticas en el contenido de sacarosa debido a cambios del clima, obtener una ganancia económica adicional en un período relativamente corto y sin afectar la producción de caña y reducir el período vegetativo del cultivo cuando sea necesario. A continuación se exponen las características del cultivo y las condiciones ambientales principales que se deben conocer para determinar la dosis y el volumen de aplicación de madurantes en caña de azúcar.

2.5.1. Factores naturales y agronómicos

Villegas (1992), menciona que la maduración natural en las áreas cañeras de Centro América y el Caribe sigue un comportamiento que ha hecho adecuar el período de cosecha, denominado zafra, buscando cortar la caña en los momentos de máxima concentración de sacarosa. De esta manera, en la primera etapa de la zafra, noviembre a enero, los niveles de sacarosa son bajos, debido principalmente a la alta humedad residual en el suelo.

García (2005), indica que luego, en la segunda etapa, febrero a marzo, se obtienen los niveles máximos de sacarosa, cuando la humedad del suelo permite la maduración óptima de la caña. Finalmente, en la tercera etapa, abril a junio, se presenta un descenso rápido en la concentración del azúcar debido a la reanudación de las lluvias en estos meses del año.

2.5.2. Factores naturales

Entre los principales factores del clima que condicionan la maduración de la caña de azúcar se encuentran: la precipitación pluvial, la temperatura y la luminosidad, por ello deben analizarse separadamente cada uno de estos factores (Jiménez, 2007).

2.5.3. Precipitación pluvial

Según Fogliata (1995), la disponibilidad de agua para la caña de azúcar debe ser adecuada en la etapa de desarrollo, de tal manera que permita la absorción, transporte y asimilación de nutrientes, necesarios para el normal desarrollo y crecimiento vegetativo de la planta, pero durante el inicio y el desarrollo de la maduración en sí, dicha disponibilidad debe ser ampliamente reducida.

Cuando la precipitación disminuye y por lo tanto la disponibilidad de agua en el suelo se reduce drásticamente, la planta decrece su ritmo de desarrollo celular, y consecuentemente su crecimiento, lo que conduce a una acumulación de sacarosa principalmente en el tercio superior, fenómeno que es ampliamente conocido como maduración. En ambientes dotados naturalmente, tal el caso de Hawai, donde los niveles de humedad del suelo pueden manejarse mediante prácticas agronómicas, el cultivo puede crecerse y “madurarse” manejando la disponibilidad de agua en el suelo (Facounnier, 1975).

Jiménez (2007), indica que si se humedece adecuadamente la capa arable del suelo, mediante riego por ejemplo, el cultivo crece vegetativamente acumulando poca sacarosa en los tallos, mientras que si se reduce el contenido de humedad, por debajo del nivel de capacidad de campo por ejemplo, se produce la maduración de los tallos ya que aumenta considerablemente su concentración de sacarosa.

2.5.4. Temperatura

Giraldo (1995), afirma que este es probablemente el factor climático de mayor importancia en la maduración de la caña de azúcar, lo que es compartido por distintos investigadores, al decir que los descensos de temperatura en un período prolongado de tiempo, aún con un suministro abundante de nitrógeno y humedad, puede retardar el crecimiento y aumentar el contenido de sacarosa en los tallos. Ello se atribuye al efecto directamente proporcional que ejercen las temperaturas sobre la absorción de agua y nutrientes por la planta. El mayor efecto de la temperatura se produce cuando se conjuga con períodos de sequía y una oscilación térmica entre 11-12 grados centígrados, condición que favorece la acumulación de sacarosa en el tallo, por lo tanto incrementando el rendimiento de azúcar.

2.5.5. Luminosidad

La luz como principal fuente de energía para los cultivos, en este caso caña de azúcar, juega un papel importante en la producción y almacenamiento de sacarosa en las hojas y en los tallos, respectivamente. En la producción, porque siendo la caña de azúcar una planta fotosintéticamente C4, la hace, por un lado, muy eficiente en la absorción de energía lumínica en los cloroplastos, pero por el otro, también muy exigente en los niveles de energía radiante que deben estar alcanzándose en los tejidos foliares, para poder ser eficiente en la formación de biomasa que agrónomicamente se traduce en tonelaje de caña y finalmente azúcar (CENICAÑA, 1983).

2.5.6. Variedad

Cada variedad responde en forma diferente a la aplicación de madurantes, dependiendo de su capacidad para concentrar azúcares asociada con factores de edad, clima y suelo, principalmente Tonelaje de caña y estado del cultivo. La dosis de madurante varía de acuerdo con el tonelaje esperado y el área foliar del cultivo. En cultivos con buen tonelaje y un área foliar alta es necesario aplicar una dosis mayor de producto que la requerida en plantas erectas con menor tonelaje esperado (Micale, 2001).

Jiménez (2007), menciona que probablemente el factor prioritario a tomar en cuenta para el éxito de la práctica. Ciertas variedades simplemente no responderán al madurante, o lo

harán solamente después de que cierto nivel de madurez ha sido alcanzado. En resumen, los madurantes no actuarán a menos que la variedad se encuentre fisiológicamente lista para iniciar su rápido proceso de acumulación de azúcar.

Los efectos de los madurantes son diferentes en las distintas variedades de caña. Al aplicar dosis iguales de un madurante del tipo reguladores de crecimiento a un grupo de variedades de la misma edad que han crecido en condiciones de clima, suelo y manejo similares es posible que algunas variedades presenten quemazón severa del follaje, lo cual afecta considerablemente su crecimiento. En estos casos se deduce que las variedades afectadas son muy susceptibles al madurante y que las dosis aplicadas son altas (Morín, 1971).

Por su parte, Rozeff (2001), indica que las variedades que no presentan efecto alguno por la aplicación de madurante, ni en la coloración del follaje ni en el contenido de sacarosa, se identifican como variedades resistentes al madurante y se deduce que la dosis aplicada no fue suficiente. En las variedades que presentan susceptibilidad o resistencia moderada al madurante, cuando la dosis aplicada es adecuada o cercana a la óptima se observa un amarillamiento ligero del follaje y una desaceleración en el crecimiento de los tallos que es suficiente para incrementar el nivel de sacarosa sin afectar la producción de caña.

2.5.7. Fertilización

Rodríguez (2009), dijo que la mayoría de campos cultivados con caña de azúcar tienen niveles adecuados de fertilizante para maximizar la producción de fotosintatos, pero ha sido olvidado que, probablemente, lo más importante en la producción de azúcar por unidad de área, es obtener el máximo movimiento de azúcar fuera de cada hoja, y no tanto la producción total de fotosintatos.

El movimiento de azúcar fuera de cada hoja puede ser un tanto variable, siendo afectado por el monto de nitrógeno en la planta. Este movimiento de azúcar fuera de las hojas es el factor más grande, y prácticamente único, que determina el total de azúcar por unidad de área. Por ello, muchos autores consideran que la fertilización, principalmente nitrogenada, debe reducirse severamente al final del período vegetativo si se pretende una buena conversión de azúcares reductores en sacarosa (Chacón, 2010).

2.5.8. Riego

Rosch (1987), menciona que las características del suelo influyen directamente en el desarrollo del cultivo y en la condición de retención de humedad, por tanto, afectan indirectamente la dosis de madurante que se debe aplicar. Las plantas que crecen en suelos con baja capacidad de retención de agua son sometidas frecuentemente a estrés hídrico, lo cual afecta su desarrollo.

Según Julien (1977), si adicionalmente ocurre una época seca entre la aplicación del madurante y la cosecha de la caña, la dosis aplicada se debe reducir como se mencionó anteriormente. En términos generales, los cultivos que crecen en suelos de baja fertilidad con limitaciones en sus condiciones físicas o con baja capacidad de retención de humedad deben recibir una dosis menor de madurante, en comparación con cultivos en suelos sin este tipo de problemas.

Cada variedad debe ser sembrada en un período adecuado de tiempo para poder ser cosechada en el momento que de acuerdo a su patrón de maduración (máxima concentración de sacarosa) se encuentre en su estado óptimo. Para el caso de Centro América y el Caribe, las variedades pueden clasificarse de acuerdo a la época o período de la zafra en que se intenta cosecharlas, agrupándose en tres categorías: variedades para inicios de zafra, variedades para mediados de zafra y variedades para finales de zafra, siendo un factor determinante su hábito de floración (Arcilla, 1986).

Micale (2001), dijo que las variedades floreadoras, en su mayoría oriundas de Canal Point (Florida, Estados Unidos), se usan para iniciar la zafra ya que naturalmente concentran niveles aceptables de sacarosa en los meses de noviembre y diciembre debido a que al transformarse el crecimiento vegetativo en reproductivo, la planta finaliza su crecimiento produciendo un buen nivel de maduración. Esto hizo que, para el caso de Guatemala, se introdujeran varios de estos materiales llegando al extremo que en la actualidad aproximadamente el 80 % del área sembrada con caña lo constituyen variedades floreadoras.

Por otro lado, se busca que para mediados y para finales de zafra las variedades concentren niveles aceptables de sacarosa, pero que no sean floreadoras, ya que de otro modo la

floración, que debe haberse iniciado en octubre normalmente, produce deterioro que se ve incrementado con cada día que permanece la caña floreada en el campo. Ello significa que, naturalmente, en los meses de febrero a mayo no deberían cosecharse variedades floreadoras, a menos que se les induzca artificialmente un mecanismo que detenga el deterioro e incremente, o mantenga al menos, los niveles de sacarosa alcanzados (González, 2004).

En regiones donde se manejan los riegos después del período de establecimiento, llamados riegos precosecha, deben controlarse los períodos de irrigación antes de la cosecha. Una eliminación o reducción drástica de la lámina de agua aprovechable para la planta, la predispone a detener su tasa de crecimiento, y con ella utilizar menos sacarosa, consiguientemente, elevando la concentración de ésta en los tallos, dando paso así al proceso de maduración (Mejías, 2009).

2.6. Respuesta del madurante bajo condiciones de estrés hídrico

El agua puede limitar el crecimiento y desarrollo, y con ello la productividad de un cultivo en cualquier sitio, ya sea por períodos secos inesperados o por lluvia normalmente baja que hace necesario el uso del riego. Cuando se retiene el agua a una planta que crece en un volumen de suelo bastante grande, sucede una secuencia de fenómenos que se desarrolla de una manera más bien gradual. Es importante comprender que, más que el estrés hídrico en sí, los fenómenos finales, casi sin duda, son respuestas indirectas a uno o más de los primeros (Arcilla, 1986).

Entre los procesos vegetales más sensibles al estrés hídrico se encuentran el crecimiento celular, la síntesis o formación de la pared celular y la síntesis de proteínas. Por lo común las plantas se recuperan si reciben agua cuando no han alcanzado el llamado Punto de Marchites Permanente (PMP), condición que en la mayoría de suelos agrícolas está referida a la humedad contenida en los poros del suelo a una tensión aproximada de 15 atmósferas. Esto significa que a pesar de la severidad del estrés hídrico, la respuesta a éste es elástica, o por lo menos un tanto elástica, ya que el crecimiento, y por otro lado la fotosíntesis de las hojas jóvenes no alcanza las tasas originales por varios días. Ello

fundamentalmente se debe a que el crecimiento es especialmente sensible al estrés hídrico, a tal grado que la productividad puede disminuir notablemente con una sequía moderada. (Fogliata, 1995).

Como resultante de ello, tenemos que durante el estrés hídrico, las células permanecen más pequeñas y las hojas se desarrollan menos, lo que da por resultado una reducción del área requerida para la fotosíntesis. Antes de discutir la respuesta que puede esperarse de la aplicación de madurante bajo condiciones de estrés hídrico es necesario plantear el mecanismo de respuesta de las plantas a estas condiciones y también el mecanismo de respuesta a condiciones de extremada humedad en el suelo (Cardenas, 1995).

2.6.1. Mecanismo de respuesta de las plantas a condiciones de excesiva humedad en el suelo

Barreto (1996), indica que una inundación puede producir una condición de estrés bastante opuesta a la que generan los potenciales de agua en extremo negativos resultantes de una sequía o de un ambiente desértico, pero, en este caso, el daño resulta de la exclusión de oxígeno más que por un elevado potencial hídrico.

La caña de azúcar, y en general muchas gramíneas, pueden adaptarse a sobrevivir en suelos inundados ya que tienen la capacidad de producir raíces adventicias en cualquiera de sus entrenudos, principalmente los inferiores, lo que les permite continuar sus funciones vitales básicas de absorción y transporte aún en ambientes sobresaturados de agua. Esto lo realizan ya que en los entrenudos, aun los más viejos, existen células meristemáticas que de acuerdo al estímulo que reciban pueden generar células y tejidos para formar casi cualquier órgano vegetal (Gómez, 1983).

Según Villegas (1992), la falta de oxígeno, en el sistema rizomatoso y radicular, que se encuentra sumergido en una condición de suelo inundado ocasiona la muerte de la mayoría de raíces y el aletargamiento de los rizomas, por lo que constituye un estímulo para los meristemas intercalares ubicados en los entrenudos cercanos que se encuentran sobre la superficie. Este estímulo conduce a la producción de nuevas raíces adventicias que quedan sobre la superficie, pudiendo ejercer la función de absorción de agua y nutrientes que era atributo de la macolla y raíces en una condición normal.

Romero, 2005, indica que asimismo, es necesario puntualizar que los rizomas y algunas raíces adventicias principales, permanecen viables, aunque latentes, aún en un suelo inundado, debido a que sus células tienen la habilidad de entrar en un ritmo metabólico mínimo que puede realizarse con muy poco oxígeno y el cuales obtenido del que se encuentra disuelto como gas en el agua del suelo. Este mecanismo de absorción de oxígeno es el que permite llevar a cabo el cultivo de arroz en el sistema de inundación.

Por otro lado, en el caso de la caña de azúcar, la dominancia apical de los tallos que crecen fototrópicamente constituye un sumidero para las hormonas reguladoras de crecimiento, conduciendo a los rizomas y yemas subterráneas a entrar en latencia y permanecer así, mientras dure la dominancia apical (Gómez, 1983).

2.6.2. Aplicación de madurante bajo condiciones de escasez de humedad en el suelo.-

Según Fogliata (1995), la caña de azúcar es muy resistente aún a la condición más severa de falta de agua en el suelo, pudiendo soportar potenciales hídricos negativos mayores a las 15 atmósferas de tensión sin producir efectos fisiológicos detrimentales para la planta. Las sequías mas leves pueden conducir a una disminución en el crecimiento y alargamiento de las células, lo que se traduce en una reducción del crecimiento en general de la planta, con lo que la producción de biomasa se ve asimismo mermada.

Los períodos de falta de agua durante la fase vegetativa del cultivo, afectarán fundamentalmente la producción de biomasa y con ello el tonelaje del mismo. Sin embargo, esta carencia de agua en la mencionada fase de desarrollo, no tendrá ningún efecto en la respuesta de la planta a la aplicación de madurante en la fase de maduración previo a la cosecha. Más bien, lo importante es la condición de estrés en las últimas dos semanas antes de la aplicación, por lo que la decisión de aplicar o no madurante debe ser tomada a nivel de lotes particulares y no de áreas en general. Por ello, cuando las condiciones ambientales durante la fase vegetativa del cultivo, le han inducido una condición de estrés, pero que al momento de la aplicación del madurante ésta ha desaparecido o es moderada, entonces no hay razón para dejar de percibir los beneficios a que conduce la práctica de la maduración inducida (Romero, 2005).

2.6.3. Aplicación de madurante bajo condiciones de excesiva humedad en el suelo.-

Arcilla (1986), afirma que la planta de caña de azúcar creciendo en una condición de suelo inundado, o con contenidos de humedad a tensiones menores de $\frac{1}{3}$ de atmósfera, es inducida a entrar en letargo o dormancia de su sistema rizomatoso (macolla) y radicular, produciéndose incluso la muerte de gran cantidad de raíces y raicillas al establecerse la condición de anegamiento.

Como mecanismo de defensa, más bien de adaptación de la planta, se incita la formación de un sistema radicular adventicio a partir de los entrenudos inferiores más cercanos a la superficie del agua o suelo inundado, produciéndose una disminución generalizada de los procesos metabólicos del vegetal, pero con sus células totalmente activas y aptas para realizar todas sus funciones vitales. Bajo esta condición, la aplicación de madurante como una práctica opcional de inducción de acumulación de sacarosa, debe tornarse como obligada, ya que de otra manera la dominancia apical conducirá a mantener vegetativamente a la planta, es decir, difícilmente entrará naturalmente en el proceso de maduración, caracterizado por la acumulación de sacarosa, principalmente en el tercio superior de la planta (Barreto, 1996).

Toro (1995), menciona que para obtener una respuesta efectiva del madurante aplicado en esta condición estresante o de aletargamiento de la planta, es necesario corregir la dosis, en este caso haciendo un ligero incremento en la misma en un rango de 10-25 % de la normal, dependiendo del grado de aletargamiento de la planta provocado por el nivel de saturación del suelo.

Esto es prácticamente obligado pues, como se señalara anteriormente, el ritmo metabólico de la planta sometida a esta condición es bajo, por lo que la absorción y transporte del madurante desde las hojas hasta sus sitios de acción es muy problemática y se realiza lentamente, necesitándose por ello mayor cantidad de producto que en condiciones normales (Vargas, 2004).

Barreto (1996), indica que, una dosis normal de madurante, aplicado en condiciones de suelos inundados, producirá un efecto menor o a veces nulo debido a que muy poco o ninguna cantidad de éste tiene la posibilidad de ingresar y desplazarse hacia los sitios de

acción en el vegetal. Finalmente, en una condición estresante de escasez de humedad en el suelo, es necesario tener presente que aún la más leve sobredosis de madurante puede conducir a causar fitotoxicidad al sistema rizomatoso (macolla) en el momento del rebrote, debido a que cualquier cantidad de producto que ingrese al sistema de transporte (floema) de la planta está en la capacidad de movilizarse hacia los sumideros activos en ese momento, siendo éstos no solamente el ápice del tallo sino también la macolla misma que ha formado raíces profundas en busca de humedad remanente en las capas inferiores del suelo.

Fogliata (1995), indica que, en la condición estresante de excesiva humedad en el suelo, no hay riesgos de causar toxicidad al sistema rizomatoso, y con ello al rebrote, debido a que, por un lado es muy poco el producto que se moviliza por el floema de la planta, y por el otro, el sumidero representado por el ápice del tallo (cogollo) es el único activo por lo que, el madurante prioritariamente se moviliza hacia éste y prácticamente ningún monto del mismo se desplaza hacia la macolla.

2.7. Estado de desarrollo vegetativo del cultivo.-

De acuerdo con el desarrollo vegetativo del cultivo se estima la producción de caña antes de la aplicación y con base en ella se calcula la dosis del madurante. La dosis aplicada, especialmente cuando se usan reguladores de crecimiento, debe ser proporcional al estado de desarrollo del cultivo, es decir, menor en cultivos con pobre desarrollo y mayor en cultivos con buen desarrollo vegetativo (Arcilla, 1990).

Por ejemplo, puede ocurrir el caso de la aplicación de madurante a un cultivo de 11 meses de edad que por condiciones adversas de suelo, clima o manejo presenta un desarrollo vegetativo equivalente al de un cultivo de 8 meses de edad que ha crecido en condiciones favorables. En este caso, si no se reduce la dosis de madurante se incrementan las probabilidades de afectar la producción de caña al momento de la cosecha y el rebrote de la soca (Facounnier, 1975).

2.7.1. Maduración natural.-

Fogliata (1995), indica que las condiciones en las que madura este cultivo son muy variables independientemente de las prácticas que se utilicen para obtener altos contenidos de sacarosa. El contenido de sacarosa en los tallos depende en buena parte de las condiciones climáticas durante las últimas semanas del período de cultivo, especialmente de la precipitación. Para mantener niveles de rendimiento satisfactorios se recomienda.

2.7.2. La maduración inducida.-

Larrahondo (1995), indica que el que hacer de la agroindustria azucarera por definición es producir azúcar como tal, sin embargo, es necesario puntualizar que la producción de azúcar está directamente relacionada con el tonelaje obtenido por unidad de área y el rendimiento o contenido de sacarosa por unidad de peso de caña molida.

Anteriormente se mencionaba que entre los principales factores naturales y agronómicos que limitan la maduración natural de la caña de azúcar se encuentran la humedad del suelo, el nitrógeno y la temperatura ambiental, factores que son difíciles de controlar sin la ayuda de un medio artificial, a menos que se cultive en ambientes dotados por la naturaleza en que la planta acumula suficiente concentración de sacarosa como para hacer de la producción de azúcar una actividad altamente rentable. De otra manera, se justifica y prácticamente se hace imprescindible el uso de productos químicos para inducir la acumulación de sacarosa y a la vez, sincronizar la maduración de la caña de acuerdo con la programación de la zafra (Libros agro, 2012).

Según Preston (1980), esto ha dado paso a la utilización de la tecnología de aplicación de madurantes el cultivo de la caña de azúcar que en Guatemala y en general en todo Centro América, así como en Colombia, ha sido altamente rentable. La amplia difusión del uso de madurantes en caña de azúcar en los últimos años, especialmente en Guatemala y Colombia, ha hecho que surjan una serie de interrogantes que no son de fácil respuesta, lo que ha conducido a que en países cañicultores por excelencia, como Brasil y Cuba, la práctica no sea de uso extensivo.

En Guatemala las primeras pruebas en el uso de madurante, en este caso glifosato, se hicieron en la primera parte de los años 70, pero ni las pruebas, ni el uso comercial cobró vigencia sino hasta finales de la década de los 80, cuando en Estados Unidos y Colombia ya era comercial el uso de glifosato como madurante y se vislumbraba el apareamiento de fuertes contendientes como el etefon, comercializado por Union Carbide como Ethrel, y la melfluidida, comercializada por la compañía 3M con el nombre de Embark. Ya en ese entonces, en los Estados Unidos, aparecían dos nuevos candidatos constituidos por el fluazifop, comercializado por la Imperial Chemical Industries como Fusilade, y el setoxydim registrado con el nombre de Poast por BASF (Eastwood, 1997).

2.8. Importancia en el uso de madurantes.-

La región azucarera de Guatemala presenta óptimas condiciones para la producción de caña de azúcar. Sin embargo, en algunos casos esas mismas condiciones no permiten el almacenamiento de sacarosa en los tallos en las cantidades necesarias para conseguir una producción de azúcar alta. La maduración de la caña de azúcar puede ser considerada desde tres puntos de vista, botánico, fisiológico y económico; desde el punto de vista botánico hay que considerar que la caña de azúcar está madura después de la emisión de flores y formación de semillas que puedan dar origen a nuevas plantas (Larrahondo, 1995).

Mora (1998), indica que teniendo en cuenta la reproducción vegetativa, que es la usada en la práctica, la maduración puede ser considerada en un ciclo mucho más corto, cuando las yemas ya están en condición de dar origen a nuevas plantas; desde el punto de vista fisiológico, está se alcanza cuando los tallos logran su potencial de almacenamiento de sacarosa, se alcanzar la maduración botánica totalmente antes de alcanzar la fisiológica por lo que las semillas pueden ya estar cayendo de la flor y la acumulación de sacarosa continua por lo general por un período de uno a dos meses y desde el punto de vista económicamente se considera madura, a partir del momento en que presenta un contenido mínimo de sacarosa, con un pol por encima del 13% con base en el peso de la caña.

El enfoque de los productos madurantes que actúan como reguladores de crecimiento y como consecuencia de este efecto primario se incrementa el contenido de sacarosa en los tallos. Es posible que algunos actúen también sobre las enzimas que catalizan la

acumulación de sacarosa. En los últimos años se ha evaluado la acción madurante de nuevos productos denominados bioestimulantes y, aunque los resultados de su aplicación no son iguales a los obtenidos con los reguladores de crecimiento, algunos bioestimulantes han mostrado buena respuesta (Cárdenas, 1995).

2.9. Variables responsables del contenido de sacarosa en las cañas.-

Las variables más importantes para determinan el contenido de sacarosa, en el cultivo decaña de azúcar son:

Brix: Es el porcentaje en peso de los sólidos contenidos en una solución sacarosa pura, o la representación de los sólidos aparentes en una solución de azúcar

Pol: Es un valor de referencia que indica la cantidad de sacarosa presente en una solución. El pol es una medida lineal del contenido de sacarosa de una solución que es igual a la lectura polarimétrica corregida (Chacón, 2010).

2.9.1. Factores agronómicos.-

Vered (2008), indica que en la mayoría de países tropicales la caña de azúcar es plantada bajo la programación de ser cosechada durante la estación seca. Durante este período, el sistema radicular domina el crecimiento de la planta por lo que los niveles de azúcar en la caña se incrementarán, a medida que el contenido de humedad decrece en la capa arable del suelo. Contrariamente, durante la estación lluviosa, hay un rápido crecimiento del ápice del tallo. Durante este período de cuatro a cinco meses, el crecimiento apical del tallo domina la planta y no el crecimiento radicular, por lo que los niveles de azúcar en la caña son bajos.

Un campo determinado puede mostrar muy poca respuesta a la aplicación de madurante, si ya se encuentra en un estado muy avanzado de maduración promovido por la edad, la disminución de humedad en el suelo, el descenso de la temperatura, carencia de nitrógeno, etc. Las plantaciones no responderán adecuadamente si han sido sobre-fertilizadas con nitrógeno (especialmente tarde en el ciclo), si la humedad del suelo permanece alta, si la

temperatura permanece cálida, si el cultivo es plantilla o si existe una combinación de estos factores (Chacón, 2010).

Es por ello, que los cañicultores deben seleccionar campos en los cuales se pueda maximizar el valor económico de la aplicación de madurante, lo que incluye la selección de lotes con suficiente “tonelaje” disponible para construir y almacenar azúcar. A veces puede suceder que ciertos cultivares no respondan a los madurantes, pero otros si lo hagan rápidamente, ocasionando que el mejoramiento en la calidad del jugo pueda ser contrarrestado por una reducción en el tonelaje al momento de la cosecha. Aquí es donde se hace necesaria la investigación de campo, ya que solamente la experiencia y las pruebas nos proporcionarán la información sobre la interacción madurante vs. variedad, especialmente en lo relacionado a características del producto usado como madurante tales como modo de acción, dosis aplicadas, época de aplicación, período óptimo post-aplicación y efectos en la soca subsiguiente (Romero, 2009).

2.10. Edad de la planta.-

Según Arcila (1986), la recuperación de sacarosa después de la aplicación del madurante depende de la edad de la planta; una de las condiciones esenciales para alcanzar una respuesta positiva a la aplicación, consiste en hacerla al final de la etapa de crecimiento, un poco antes del inicio de la maduración fisiológica.

2.10.1. Tiempo entre la aplicación y el corte.-

El tiempo que debe transcurrir entre la aplicación del madurante y el corte del cultivo es variable entre las diferentes variedades de caña, por lo tanto, en cada zona se debe determinar este período de tiempo. En el valle geográfico del río Cauca, se ha encontrado con la mayoría de las variedades cultivadas a niveles experimental y comercial, que este rango se encuentra entre 6 y las 12 semanas después de la aplicación (Buenaventura, 1990).

2.10.2. Precipitación.-

Villegas (1992), indica que el aumento de la humedad en el suelo por la precipitación o el riego favorece el crecimiento de los tallos, y en estas condiciones la aplicación de madurantes favorece un mayor incremento de sacarosa, ya que ésta no se utilizará

en los procesos de desarrollo; esto no indica que el máximo rendimiento posible que se puede obtener con el uso de madurantes se logra en los períodos de lluvias. En los períodos secos, las condiciones favorecen la maduración natural, e igualmente la aplicación de estos productos permite el máximo rendimiento posible; pero en este caso se debe tener especial cuidado en la dosificación, ya que las plantas se encuentran en condición de estrés por falta de agua.

Según Micale (2001), otros factores que afectan la acción de los madurantes son: (1) El exceso de rocío en las hojas del cultivo al momento de la aplicación. (2) La intensidad de la luz solar. (3) La penetración del producto en el follaje, ya que en ocasiones las lluvias después de la aplicación pueden lavar el producto, impidiendo su acción efectiva. (4) El tipo de suelo, especialmente su capacidad de retención de humedad y la fertilidad, que determinan el desarrollo y el vigor del cultivo en el momento de la aplicación. (5) El grado de dispersión del producto por el viento. (6) La uniformidad en la aplicación.

2.11. Procedimientos para la Aplicación de Madurantes.-

Para la aplicación de estos productos en caña de azúcar se debe conocer primero el estado de maduración de la planta, para lo cual se toman muestras de tallos y se determinan el brix, el contenido de sacarosa y de azúcares reductores, y el rendimiento estimado. Si el cultivo presenta concentraciones de azúcares reductores entre 0.5% y 1.0%, es conveniente aplicar el madurante al final del período de desarrollo del cultivo y antes del inicio del período de maduración fisiológica, ya que si esto ha sucedido, la respuesta a la aplicación del madurante es menor (Vered, 2008).

Para Cárdenas (1995), es necesario que cuando se decide hacer la aplicación, se deben definir el día y la hora en que se hará, y las dosis del producto y del adherente de acuerdo con la variedad, la producción esperada y el estado del cultivo. En el campo, el bandereo de las «suertes» para evitar errores en la aplicación se hace después de calibrar el equipo, marcando las franjas de aplicación según la envergadura de la aeronave y de la altura a la cual vuela. Para el efecto, se usan bandas plásticas de colores que se colocan en forma visible sobre señales que sobresalen 1 ó 2 m por encima del cultivo; esta última labor se realiza 1 ó 2 días antes de la aplicación.

Por disposición del ICA se requiere la presencia de un Ingeniero Agrónomo en el sitio en el momento de la aplicación, quien se encargará de coordinar el tanqueo de la aeronave y de medir las condiciones atmosféricas mínimas, mediante el empleo de instrumentos como anemómetro, higrómetro y termómetro; además, dispondrá de un radioteléfono para dar la orden de suspensión de la aplicación cuando las condiciones atmosféricas sean adversas (ICA, 1990).

2.11.1. Calidad de la Aplicación.-

La efectividad biológica de un producto químico depende de la oportunidad de la aplicación, de la especificidad del producto y de la calidad de la aplicación. La calidad de la aplicación se mide por la cantidad de producto que se coloca sobre el objetivo (el follaje de la caña de azúcar). La cantidad de producto debe ser suficiente para lograr el efecto deseado y se debe distribuir sobre toda la superficie objeto de la aplicación. El número de gotas/cm² que llega al cultivo, así como su tamaño, determinan la efectividad biológica del tratamiento (Chacón, 2010).

Arcilla, 1986, menciona que en la aplicación de madurantes no se ha definido con exactitud cuál es el número óptimo de gotas/cm², ni el tamaño adecuado de las mismas para obtener la mayor respuesta; sin embargo, como norma general, se pueden emplear entre 10 y 20 gotas/cm², para productos sistémicos y un tamaño entre 300 y 400 micras, aunque actualmente se evalúa la posibilidad de aumentar el tamaño de la gota para evitar la deriva, sin disminuir la efectividad del producto.

Después de la quinta semana se recomienda inspeccionar la respuesta de la planta para evaluar la efectividad de la aplicación; es posible, en algunos casos, identificar algunos síntomas característicos, dependiendo de la dosis, la variedad y el tiempo transcurrido después de la aplicación. Por lo general, los últimos entrenudos que se forman son cortos; se presenta emisión de brotes laterales, provenientes de las yemas más cercanas al cogollo; hay amarillamiento de las hojas y, finalmente, éstas se secan en forma paulatina por efecto del producto (Cárdenas, 1995).

2.11.3. Efectos de los Madurantes en la Producción.-

Según Arcilla (1986), con la aplicación de madurantes es posible incrementar hasta en un 25% la producción de azúcar, pero 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.

Villegas y Torres (1991), concuerdan al decir que 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. 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 en el tercio 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 (Villegas, 1993).

Fogliata (1995, indica que la altura de descogolle de la caña, independiente de la aplicación o no de madurante, la define el rendimiento en azúcar de los últimos entrenudos, o sea, los más cercanos al cogollo verdadero (tomado a partir del punto natural de quiebre). El rendimiento mínimo está determinado por la cantidad de azúcar que se pueda recuperar y que permita, por lo menos, cubrir los costos de corte, alce, transporte y procesamiento.

Por ejemplo, si el costo de la cosecha y el transporte de una tonelada de caña equivale al precio comercial de 21 kg de azúcar, y los costos del proceso en fábrica y de las operaciones directas y complementarias para el manejo de la misma tonelada equivalen a 34.8 kg de azúcar, sería, en consecuencia, necesario recuperar 55.8 kg de azúcar por tonelada de caña molida para cubrir los costos mencionados; expuesto de otra forma, en el ejemplo aquí presentado no es rentable moler porciones del tallo con un rendimiento inferior a 5.6% (Cárdenas, 1995).

2.12. Aplicación de madurantes en diferentes variedades y sus resultados.-

Resultados de aplicación de diferentes madurantes en diferentes épocas:

En las variedades de maduración temprana:

- LCP 85-384:

Aplicaciones tempranas: Glifosato: 0,22 L i.a./ha (450 cm³ p.c./ha); cletodim: 60 g de i.a./ha; fluazifop: 25 g i.a./ha y haloxifop: 30 g i.a./ha.

Aplicaciones intermedias: Glifosato: 0,29 L i.a./ha; cletodim: 72 g i.a./ha; fliazifop: 45 g i.a./ha y haloxifop: 35 g i.a./ha.

Aplicaciones tardías: Glifosato: 0,29 L i.a./ha (600 cm³ p.c./ha); cletodim: 96 g i.a./ha y fluazifop: 45 g i.a./ha.

- CP 65-357

Aplicaciones tempranas: Glifosato: 0,22 L i.a./ha (en cañaverales que serán descepados y renovados, hasta 0,33 L i.a./ha o 700 cm³ p.c./ha); cletodim: 60 g i.a./ha; fluazifop: 45 g i.a./ha y haloxifop: 30 g i.a./ha.

Aplicaciones intermedias: Glifosato: 0,29 L i.a./ha (hasta 0,43 L i.a./ha o 900 cm³ p.c./ha si va a renovación); cletodim: 72 g i.a./ha; fluazifop: 45 g i.a./ha y haloxifop: 35 g i.a./ha.

Aplicaciones tardías: Glifosato: 0,29 L i.a./ha (llegando hasta 0,48 L i.a./ha o 1000 cm³ p.c./ha en cañaverales a renovar); cletodim: 96 g i.a./ha y fluazifop: 50 g i.a./ha.

- RA 87-3:

En aplicaciones tempranas e intermedias, las mejores respuestas se logran con glifosato a

0,22 y 0,29 L i.a./ha respectivamente. El uso del haloxifop debe realizarse con suma precaución, si no se respeta el POC (período óptimo de cosecha), se puede producir una pudrición por abajo del anillo necrótico y pérdida de peso por tallo.

En la época tardía las respuestas fueron favorables para glifosato a 0,29 L i.a./ha y cletodim 96 g i.a./ha.

En variedades de maduración intermedia:

- TUC 77-42: El empleo de cletodim es lo más recomendable ya que mejora sustancialmente la respuesta respecto de lo esperable con los otros madurantes. Aplicaciones tempranas: cletodim: 72 g i.a./ha. El período óptimo de cosecha se inicia más temprano y tiene menor duración. Puede iniciarse la cosecha a partir de la cuarta semana y no retrasarse más de la décima semana. Usando glifosato, se obtiene bajas respuestas pero rentables, con dosis de 0,29 L i.a./ha. Con fluazifop se recomiendan dosis de 25 g i.a./ha, en este producto se obtienen mejores resultados que con glifosato, pero no llega a superar los obtenidos con cletodim.

Aplicaciones intermedias y tardías: Cletodim: 96 g i.a./ha; fluazifop: 45 a 50 g i.a./ha. Si se emplea glifosato, usar 0,29 L i.a./ha. En aplicaciones de haloxifop, las mejores respuestas se obtienen cuando éstas se realizan en época temprana (hasta 1º década de abril), luego se reduce la eficacia del producto y las respuestas son mínimas y poco consistentes.

En la actualidad hay productos que están en período de evaluación en ensayos de la EEAOC para comprobar su eficacia como maduradores. Fuente (EEAOC, 2008).

2.13. Beneficios Económicos del Uso de Madurantes.-

Fogliata (1995), indica que el beneficio directo que se obtiene de la aplicación de un madurante está representado por el incremento en el rendimiento o azúcar recuperable que se obtiene, menos los costos de la aplicación. Con base en muestras tomadas en diferentes ingenios y en análisis diarios de la caña que entra al molino comercial, se ha encontrado

que cuando ésta ha recibido la aplicación de madurante presenta, además de los beneficios directos, un menor contenido de materia extraña y, por consiguiente, un mayor rendimiento.

Según la información obtenida por CENICAÑA, la industria azucarera colombiana obtuvo entre 1983 y 1990 beneficios por 7500 millones de pesos colombianos, debido al uso de madurantes. Estos datos se calcularon con base en el precio del azúcar adicional que se produjo por el uso de la tecnología (CENICAÑA, 1991).

CAPÍTULO III

3.- MATERIALES Y MÉTODOS.-

3.1.- LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.-

3.1.1. Localización geográfica.-

El Municipio de Bermejo está situado en las coordenadas geográficas: 22°35'24'' – 22°52'09'' de latitud Sur y 64°14'16'' de longitud oeste.

Los límites corresponden por el Norte con la serranía San Telmo; por el Este, Oeste y sur con la República Argentina (ZONIZIG). ANEXO N°1.

La extensión del municipio de Bermejo es de aproximadamente de 380.90 Km², la que se divide en área urbana y rural. Siendo su ocupación territorial, el resultado de la convivencia de pueblos originarios y de importantes corrientes migratorias.

3.1.2. División política.-

El municipio de Bermejo está conformado por nueve distritos; de los cuales, cinco pertenecen al área urbana (integrados por 27 barrios) y cuatro Distritos del área Rural (Arrozales, Bermejo, Candaditos y Porcelana), constituidos por 258 Comunidades.

3.1.3. Ubicación.-

La presente investigación se realizó en un predio particular ubicado en la comunidad del “Cercado”, situado a 5km de la ciudad de Bermejo y a 4km del Ingenio Azucarero de Bermejo.

La investigación se realizó en un cañaveral particular en el que se tiene cultivada la variedad BTB y todas las zafras tropieza con el problema de una cosecha tardía asiendo que su producción pierda peso eso se ve reflejado económicamente ya que en la región se paga por tonelada métrica.

3.1.4. Vías de comunicación.-

Para acceder a la comunidad el “Cercado” se toma el corredor Bioceánico tramo Bermejo-San Antonio kilómetro 5, la misma cuenta con servicios básicos luz, agua y energía eléctrica, las vías de acceso son libres durante todo el año.

3.1.5. Clima.-

Las condiciones climáticas de la zona son de tipo cálido y semihumedo. En general, la temperatura, puede alcanzar valores máximos de hasta 47° C en los meses de octubre, noviembre y diciembre: y mínimos extremos de hasta -4° C en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, cuando se presentan los denominados surazos y una temperatura media anual de 23° C. la época de lluvias empieza en los meses de noviembre y diciembre y concluye en los meses de marzo y abril, mientras que la época seca se produce normalmente entre os meses de junio a septiembre.

De acuerdo a los datos de las estaciones de Bermejo, las precipitaciones ocurridas en un año normal sobrepasa los 1500 m.m, estos datos indican que el área recibe un buen aporte hídrico de las lluvias. OASI, 1998 citado por Galeán C.

3.1.6. Precipitaciones pluviales.-

Las precipitaciones ocurridas en un año, sobrepasan los 1.100 mm., datos que significan un buen aporte hídrico vertical procedente de la lluvia, la época de lluvia se inicia en el mes de noviembre y diciembre y concluye en los meses de marzo y abril, sin embargo esto puede variar de forma excepcional adelantándose o retrasándose un mes.

En Bermejo se tiene una media anual de 1194.06 mm, en forma irregular presentándose lluvias mínimas o nulas en los meses de mayo a octubre tipificándose la época seca. Y el periodo de máxima precipitación abarca los meses de noviembre a marzo. (Galeán, 2001).

3.1.7. Riesgos climáticos.-

Entre los riesgos climáticos podemos indicar las heladas, las que se presentan en los meses de junio a septiembre a consecuencia de las temperaturas mínimas que se registran, las que varían entre los – 0.3 hasta los 4 °C.

3.1.8. Recursos hídricos.-

Los ríos Bermejo y Grande de Tarija, se constituyen en el mayor recurso hídrico que tiene el Municipio. Los fuertes caudales de este recurso, le permite a la ciudad de Bermejo contar con un puerto pluvial, que le facilita el nexo con la República Argentina.

3.1.9. Suelos.-

Los suelos en Bermejo existen texturas desde francos a francos arcilloso, limoso, se cuenta con topografía ondulada a plana en algunas comunidades y en otras son demasiadamente irregulares con presencia de varias quebradas, que tienen poca extensión de terrenos con pendientes moderados reduciendo bastante el área cultivable, con pH de 6 a 6.5 aproximadamente, ligeramente ácido, además en algunos lugares los suelos contienen poca materia orgánica (Galean, 2001).

3.1.10. Principales riesgos ambientales.-

Los principales riesgos ambientales que viene sufriendo el municipio, están dados principalmente por la contaminación del río Bermejo, una fuerte deforestación de especies arbustivas, el desmonte y quemas para la ampliación de la frontera agrícola. Igualmente el mal uso que se hace de los terrenos con pendiente pronunciada, que solo sirven para la actividad agrosilvopastoril y forestal, pero se los utiliza para la actividad agrícola dejando estos suelos desprotegidos, predispuestos a la erosión hídrica.

3.1.11. Vegetación.-

Se han registrado unas 880 especies de plantas vasculares, 28 especies de criptógamas (plantas sin flores) y de flora registradas, sin embargo, se estiman 1.500 especies de plantas superiores.

Destacan especies como el lapacho, sauce, roble, cedro, quina, afata, negrillo, urundel otras especies importantes son el toborochi, el algarrobito, el mistol y otras especies como la palma blanca y la palmera chonta.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.-

a).- Material Vegetal.-

La presente investigación se realizó en un cañaveral particular en la región de Bermejo el mismo está ubicado en la Comunidad del Cercado. La variedad con la que se trabajo es la BTB 89-386.

Esta variedad fue seleccionada en Bermejo por el Tec. Agr. Aníbal Villarroel encargado del Departamento de Investigación y asistencia Técnica de Ex CENECA, obtenida de semilla sexual proveniente de la Chacra Experimental Colonia Santa Rosa, Salta República Argentina.

b).- Material Químico.-

El material químico a usar en la investigación es GLIFOGLEX 48% en concentrado soluble con una composición química de:

GLIFOSATO: Sal isopropilamina del N-Fosfonometil glicina 48gr.

c).- Materiales de campo.-

Los materiales de campo a utilizaron en esta investigación son los siguientes:

- Cinta métrica
- Libreta de campo
- Mochila asperjadora jacto de 20lts.
- Machete
- Etiquetas
- Bolsas de polietileno

d).- Materiales de escritorio.-

Se utilizaron los siguientes materiales de escritorio:

- Computadora
- Calculadora

- Impresora
- Hojas bond

f).- Materiales de laboratorio.-

- Refractómetro
- Brixómetro
- Frascos de Erlenmerer
- Termómetro
- Papel filtro
- Sub-acetato de plomo seco
- Tabla de Zmichtz ANEXO N°2

3.3.- METODOLOGÍA.-

El presente trabajo de investigación se realizó bajo el diseño de bloques al azar con arreglo factorial (6x5), con 4 tratamientos y 3 repeticiones, haciendo un total de 12 unidades experimentales.

3.3.1. Dimensiones del diseño.-

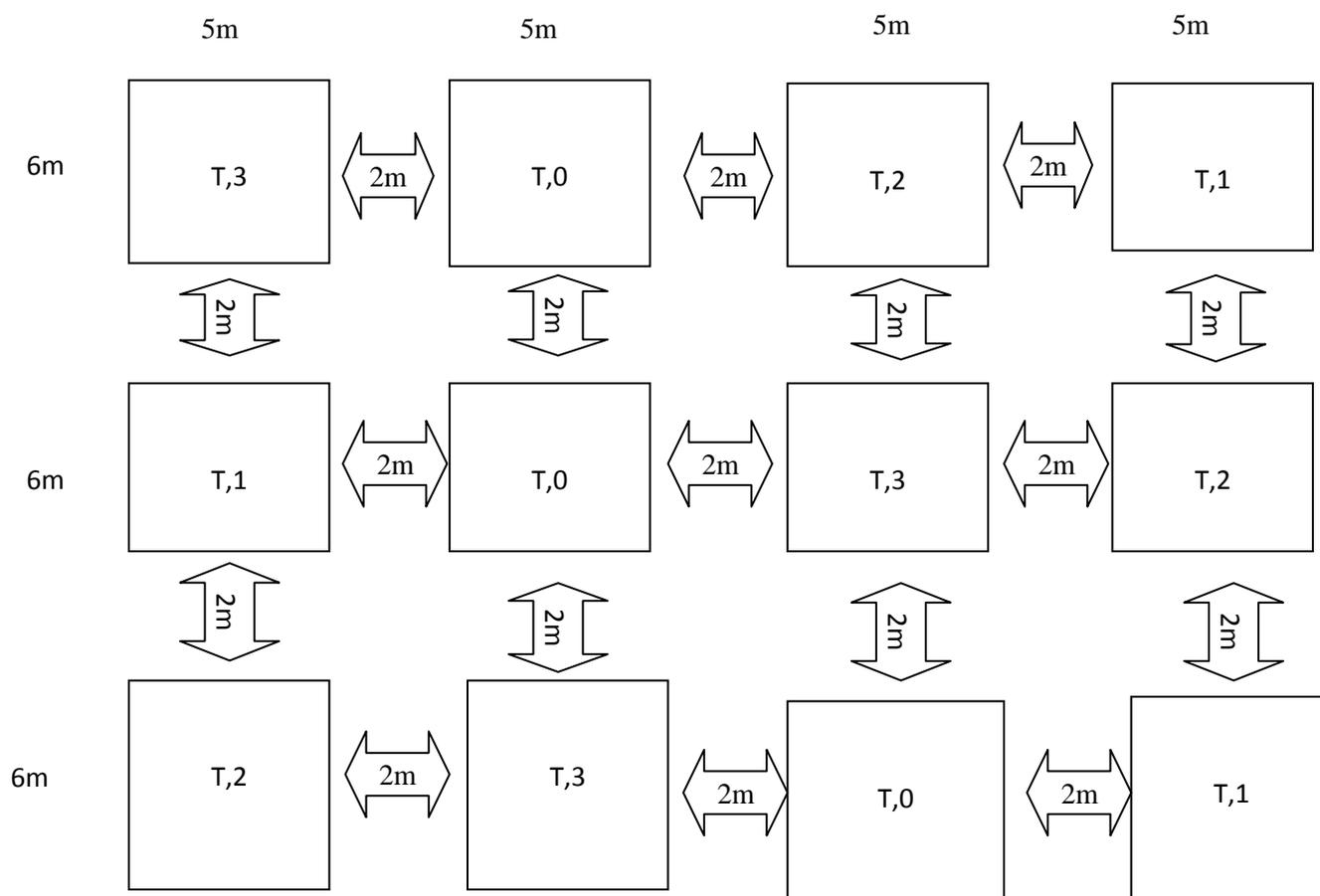
- Número de tratamientos:	4
- Número de bloques (Réplicas):	3
- Número de Unidades Experimentales:	12
- Distancia entre Unidades Experimentales:	2 m
- Número de fila:	4
- Población total de plantas establecidas:	2800 cañas
- Área total de parcela establecida:	360 m ²

3.3.2. Características del experimento.-

Cada uno de los tratamientos y sus niveles respectivos a estudiados se describen a continuación:

Herbicida	Dosis	Tratamientos
GLIFOSATO	$B_0 = 0 \text{ lt/ha}$	$B_0 = T_0$
	$B_1 = 1 \text{ lt/ha}$	$B_1 = T_1$
	$B_2 = 1,5 \text{ lt/ha}$	$B_2 = T_2$
	$B_3 = 2 \text{ lt/ha}$	$B_3 = T_3$

3.3.3. Croquis del diseño experimental



3.3.4. Descripción del diseño experimental.-

Cada bloque tuvo una dimensión de 5m de largo y 6m de ancho, haciendo un total de 30m² a los cuales se realizó la aplicación de los cuatro tratamientos, las dosis eran equivalentes a 0 lt/ha en el T0, 1lt/ha en el T1, 1.5 lt/ha en el T2 y 2lt/ha en el T3. El diseño experimental se realizo en caña soca de tercer corte.

El análisis de las muestras se lo realizó desde la aplicación cada quince días hasta que se completaron los 60 días luego de la aplicación. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio del IABSA. El análisis consiste en obtener datos de grados brix, grados pol y la pureza del jugo.

3.4. Variables estudiadas.-

En esta investigación se estudiaron los grados brix, la pol y la pureza del jugo, para un análisis económico se calculo el rendimiento fabril del material estudiado.

3.5. Recolección del material vegetal.-

La recolección del material vegetal se realizo de manera manual tomando una muestra de 10 cañas aproximadamente de cada tratamiento las cual fueron etiquetadas y llevadas a laboratorio.

Se toma en cuenta una población de 10 cañas por tratamiento, ya que es la cantidad habitual que se utiliza en el laboratorio del IABSA para realizar dicho análisis.

3.6. Metodología del muestreo en laboratorio.-

3.6.1. Determinación del Brix.-

Para la determinación de los grados brix se procede a moler el material vegetal para posterior análisis del jugo de la siguiente manera:

1. Eliminación de la materia en suspensión.- para esto se procedió a pasar por un colador fino la submuestra procedente de los molinos.

2. Mezcla de la muestra compuesta.- la mezcla compuesta de 3 horas debe mezclarse bien y recién se vació en la probeta correspondiente para la lectura del brix.
3. Eliminación de las burbujas de aire.- una vez la muestra en la probeta, se la dejó reposar hasta que las burbujas hayan sido eliminadas por la superficie libre del líquido.
4. Antes de introducir el brixómetro en la probeta se limpio y seco bien con un paño limpio.
5. Colocación del brixómetro en la probeta.- Se introdujo el brixómetro cuidadosamente sin largarlo bruscamente, teniendo cuidado de que el brixometro no esté pegado a la pared de la probeta.
6. Lectura del brix, se esperó para hacer la lectura del brix, nunca leer de inmediato, el tiempo suficiente para nivelar la temperatura del brixómetro y de la muestra. La temperatura de la muestra se lee en el termómetro que contiene el mismo brixómetro.

3.6.2. Determinación de la pol.-

Este método de Horne, llamado también sin dilución, se usa como reactivo clarificante el sub-acetato seco de plomo.

- 1.- En un frasco Erlenmerer plástico de 500ml, de capacidad, se coloco aproximadamente 200ml de jugo.
- 2.- Se agregó de 3 a 4 gramos de sub-acetato de plomo seco, por cada 100ml de jugo se debe evitar el exceso.

- 3.- Se agitó enérgicamente y se dejó reposar 5 minutos.
- 4.- Se filtró, arrojando los primeros 25ml del filtrado.
- 5.- Se polarizó en tubo de 200ml, la lectura está dada en grado de polarización.
- 6.- Se calculó la pol % mediante la tabla de Schmitz.

3.6.3. Costo de la aplicación.-

El costo expresado en bolivianos de la aplicación del glifosato se demuestra en la siguiente tabla:

ITEM	T0	T1	T2	T3	TOTAL
GLIFOSATO	0bs	50bs	75bs	100bs	225bs
Adherente	0bs	40bs	40bs	40bs	120bs
Mano de obra	0bs	70bs	70bs	70bs	210bs
Total	0bs	160bs	185bs	210bs	555bs

CAPÍTULO IV

RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1.- Determinación de la madurez antes de la aplicación de los tratamientos.

En el cuadro N°1, se muestran los resultados de las medias de grados POL, BRIX y PUREZA de jugo, esta muestra fue evaluada el 7 de julio de 2012. En esta muestra se aplicaron los cuatro tratamientos que fueron evaluados cada 15 días en el laboratorio del IABSA.

Cuadro N°1 resultado de las Medias de las Variables al inicio de la aplicación

Muestras evaluadas	Brix Lecturado	Pol Lecturado	Temperatura en °C	Brix Calculado	Pol Calculado	Pureza
0Tratameinto	19.8	64.4	17	17.12	13.17	80.08
1Tratamiento	20.0	70.1	17	17.32	13.88	80.14
2Tratamiento	20.3	71.4	17	17.62	14.16	80.36
3Tratamiento	20.1	70.6	17	17.42	14.01	80.42

En esta muestra los tratamientos recién se aplicaron, se realizó este análisis de laboratorio para tener un punto de partida, en la investigación de aquí en adelante se empieza con los demás análisis en donde se puede apreciar un cambio en las variables.

4.1.1. BRIX.-

Cuadro N°2. Brix Calculado

Tratamientos	Replicas			Σ Tratamientos	Media
	I	II	III		
Tratamiento0	15,15	17,11	19,22	51,48	17,16
Tratamiento 1	19,21	16,5	16,25	51,96	17,32
Tratamiento 2	17,42	18,55	16,89	52,86	17,62
Tratamiento 3	18,2	15,9	18,16	52,26	17,42
Σ Bloques	69,98	68,06	70,52	208,56	69,52

En este cuadro se reflejan los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio, en el momento que se realiza la aplicación del glifosato analizando la variable del brix.

Claramente no existe diferencia ya que las muestras fueron tomadas en las mismas condiciones y el tratamiento fue realizado el mismo día. Variando en sus resultados de 17.16 a 17.62° brix.

Cuadro N° 3 A.N.O.V.A. para el Brix Calculado

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TOTAL	11	18,91				
Tratamiento	3	0,33	0,11	0,04 ^{n.s.}	4,76	9,78
Bloques	2	0,84	0,42	0,14 ^{n.s.}	5,14	10,9
Error	6	17,74	2,96			

En el cuadro de ANOVA de la variable del brix, estadísticamente no se encuentran diferencias, esto se atribuye a que los tratamientos recién se aplicaron.

4.1.2. POL.-

Cuadro N°4 Pol Calculado

Tratamientos	Replicas			Σ Tratamientos	Media
	I	II	III		
Tratamiento 0	15	11,4	13,11	39,51	13,17
Tratamiento 1	14	13,64	14	41,64	13,88
Tratamiento 2	15	15,08	12,9	42,98	14,33
Tratamiento 3	14	13,03	15	42,03	14,01
Σ Bloques	58	53,15	55,01	166,16	

Este cuadro nos refleja la pol % calculada obtenida en la primera muestra, estos son los datos obtenidos en el laboratorio. En este cuadro también no se encuentran diferencias entre los tratamientos. Teniendo como la pol% más alta al T2 con 14.33 y la pol % más baja es el T0 con 13.17.

Cuadro N° 5 A.N.O.V.A. para el Pol Calculado

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TOTAL	11	13,72				
Tratamiento	3	2,15	0,72	0,50 ^{n.s.}	4,76	9,78
Bloques	2	2,99	1,50	1,05 ^{n.s.}	5,14	10,9
Error	6	8,58	1,43			

El cuadro ANOVA, estadísticamente no muestra diferencia significativa en el análisis de la pol del jugo.

4.1.3. PUREZA.-

Cuadro N° 6 Pureza

Tratamientos	Replicas			Σ Tratamientos	Media
	I	II	III		
Tratamiento 0	81	80,2	81,2	242,4	80,8
Tratamiento 1	80,2	80,1	80,12	240,42	80,14
Tratamiento 2	81,4	80,09	79,58	241,07	80,36
Tratamiento 3	80,4	80,5	80,36	241,26	80,42
Σ Bloques	323	320,89	321,26	965,15	80,43

Los datos arriba mostrados son los obtenidos de prueba de la pureza del jugo obteniendo una media de 80.43 de pureza en el jugo. Por el momento es un dato aceptable que nos indica que la caña esta en un punto apto para realizar la cosecha.

Cuadro N° 7 A.N.O.V.A. para la Pureza

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TOTAL	11	3,02				
Tratamiento	3	0,68	0,23	0,80 ^{n.s.}	4,76	9,78
Bloques	2	0,63	0,32	1,12 ^{n.s.}	5,14	10,9
Error	6	1,70	0,28			

El cuadro de ANOVA nos indica que estadísticamente en el análisis de pureza de jugo no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Esto se atribuye que el material vegetal para la muestra está en las mismas condiciones ya que recién se aplico los tratamientos.

4.2.- Segunda evaluación.-

En los Cuadros N° 8, se muestran los resultados de las medias de grados POL, BRIX y PUREZA de jugo, esta muestra fue evaluada el 22 de julio de 2012. En esta muestra se evaluó a los 15 días de la aplicación de los tratamientos en el laboratorio del IABSA.

Cuadro N°8 Resultado de las Medias de las Variables a 15 días de la aplicación

Muestras evaluadas	Brix Lecturado	Pol Lecturado	Temperatura en °C	Brix Calculado	Pol Calculado	Pureza
0Tratamiento	23.0	81.9	19	20.44	16.48	80.63
1Tratamiento	20.0	75.7	19	17.44	15.23	87.33
2Tratamiento	20.0	72.6	19	17.44	14.49	83.08
3Tratamiento	19.7	73.2	19	17.14	14.64	85.41

En este análisis pasaron 15 días de la aplicación de los tratamientos donde ya se puede observar ciertos cambios, el tratamiento T0 presenta el brix mas alto 20.44, de igual manera

en la pol con un resultado de 16.48, pero el tratamiento T1 mostro un porcentaje más alto de pureza frente a los otros tratamientos y el T0 con un resultado de 87.33%.

4.2.1. BRIX.-

Cuadro N° 9 Brix Calculado

Tratamientos	Replicas			Σ Tratamientos	Media
	I	II	III		
Tratamiento 0	20,2	21,02	20,1	61,32	20,44
Tratamiento 1	18,19	16,07	18,06	52,32	17,44
Tratamiento 2	18,05	17,15	17,12	52,32	17,44
Tratamiento 3	16,27	18,02	17,03	51,32	17,11
Σ Bloques	72,71	72,26	72,31	217,28	18.11

En el análisis de brix en el laboratorio para la segunda evaluación nos indican como resultado una media de los brix de 18.11. Teniendo como el resultado más alto 20.44 al tratamiento T0 esto se puede atribuir a las condiciones en la que se desarrollo el cultivo. Al mismo tiempo los tratamientos T1, T2 y T3, presentan resultados más bajos esto se debe a la acción que causa el herbicida dentro del sistema conductivo de la planta logrando retrasar sus procesos químicos.

Los grados Brix del Jugo se refieren al contenido de sólidos solubles totales representados por sacarosa, azúcares reductores y otros compuestos presentes en el jugo, expresados como porcentaje. Los grados Brix 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 (Garrido, 1985).

Cuadro N° 10 A.N.O.V.A. para el Brix Calculado

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TOTAL	11	27,43				
Tratamiento	3	22,00	7,33	8,15*	4,76	9,78
Bloques	2	0,03	0,02	0,02 ^{n.s.}	5,14	10,9
Error	6	5,40	0,90			

Media General = 18.1067

Coefficiente de Variacion = 5.2407%

Error standard de la media = 0.5479

- **Prueba de Duncan.**

Tratamiento 0	20.44	a
Tratamiento 1	17.44	b
Tratamiento 2	17.44	b
Tratamiento 3	17.11	b

Respecto a los grados brix calculado después de 15 días de la aplicación del glifosato, el Tratamiento T0 difiere estadísticamente con las medias de los Tratamientos T1, T2 y T3 al nivel del 5%; mientras que estos últimos (T1, T2 y T3) no difieren entre sí. En consecuencia, el Tratamiento T0 se considera como el mejor tratamiento.

El hecho de que las parcelas tratadas con diferentes dosis de glifosato tengan un comportamiento similar e inferior al Tratamiento 0 (no tratado). Se debe, por una parte, a la lenta acción del ingrediente activo sobre la maduración de la caña de azúcar; en tal sentido, Rodrigues (2009), menciona que los herbicidas sistémicos tardan un tiempo en hacer efecto, la planta se empieza a poner un poco amarillenta y poco a poco se seca, esto puede tardar de 10 a 20 días. Por otra parte, el producto aplicado retrasó la concentración de los grados brix, es decir, que durante los primeros 15 días tuvo un efecto inhibitor; en los resultados.

4.2.2. POL.-

Cuadro N° 11 Pol Calculado

Tratamientos	Replicas			Σ Tratamientos	Media
	I	II	III		
Tratamiento 0	17	17,04	15,4	49,44	16,48
Tratamiento 1	15,14	14,55	16	45,69	15,23
Tratamiento 2	20,1	20	18,37	58,47	19,49
Tratamiento 3	16,12	16,6	17,2	49,92	16,64
Σ Bloques	68,36	68,19	66,97	203,52	

En el análisis de la pol el tratamiento T2 presenta mayor resultado a quince días de la aplicación teniendo un resultado de 19.49%, siendo el más alto frente a otros tratamientos. Según Fogliata (1995), la 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. Se determina con un polarímetro, de ahí que el porcentaje de sacarosa también sea llamado como grados Pol que también determina el porcentaje de sacarosa en el jugo.

Cuadro N° 12 A.N.O.V.A. para el Pol Calculado

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TOTAL	11	34,47				
Tratamiento	3	29,18	9,73	11,68*	4,76	9,78
Bloques	2	0,29	0,14	0,17 ^{n.s.}	5,14	10,9
Error	6	5,00	0,83			

Media General = 16.9600

Coefficiente de Variación = 5.3817 %

Error standard de la media = 0.5270

- **Prueba de Duncan.**

Tratamiento 2	19.49	a
Tratamiento 3	16.64	b
Tratamiento 0	16.48	b
Tratamiento 1	15.23	b

El análisis estadístico indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos respecto a la variable pol de la caña de azúcar. Estas diferencias se registran entre los tratamientos T0, T3, T1, respecto al tratamiento T0, que obtuvo el mayor resultado.

La prueba de Duncan nos indica que el tratamiento T2 con 19.48 % pol, presenta el mejor resultado a la aplicación los otros tratamiento presentan resultados similares, esto se puede atribuir al tiempo transcurrido de la aplicación donde se observa el efecto causado en el tratamiento T2 que es que mejor asimila al glifosato como madurador.

Libros Agro (2012), publico que en la aplicación de madurantes se obtuvo un resultado de la pol calculada a 18 días de la aplicación con una media de 18,50 un resultado que está muy cercano al obtenido en esta investigación.

4.2.3. PUREZA.-

Cuadro N° 13 Pureza

Tratamientos	Replicas			Σ Tratamientos	Media
	I	II	III		
Tratamiento 0	81,04	81	80	242,04	80,68
Tratamiento 1	87,29	86,7	88	261,99	87,33
Tratamiento 2	82,2	84	83,04	249,24	83,08
Tratamiento 3	85,33	86,67	84,23	256,23	85,41
Σ Bloques	335,86	338,37	335,27	1009,5	

En el análisis de pureza el tratamiento T1 mostró un mejor comportamiento frente a los otros tratamientos, con un resultado de 87.33%.

Fogliata (1995), indica que la pureza 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.

Cuadro N° 14 A.N.O.VA. Para la Pureza

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TOTAL	11	80,80				
Tratamiento	3	74,65	24,88	31,13*	4,76	9,78
Bloques	2	1,35	0,68	0,85 ^{n.s.}	5,14	10,9
Error	6	4,80	0,80			

Media General = 84.1250

Coefficiente de Variación = 1.0611 %

Error standard de la media = 0.5154

- **Prueba de Duncan.**

	5%		1%
Tratamiento 1	87.33	a	a
Tratamiento 3	85.41	b	ab
Tratamiento 2	83.08	c	bc
Tratamiento 0	80.68	d	c

Según la prueba de Duncan, el Tratamiento 1 resultó ser el de mejor comportamiento con el 87.33% de pureza, puesto que difiere estadísticamente de los restantes con un nivel de significancia del 5%; en segundo lugar se encuentra el T3 con 85.41%, seguido del T2 con 83.08% y en último lugar se ubica el tratamiento T0 con 80.68%.

Mientras que para el 1%, se observa que estadísticamente no existen diferencias significativas entre el T1 y T3, mientras que el T0 y T2 existe diferencia significativa. Fogliata (1995), menciona que la caña para ser procesada debe tener una pureza mínima del 75% tomando en cuenta este dato se obtuvo un material con buena calidad para realizar la cosecha.

4.3.- Tercera evaluación.-

En el Cuadros N° 15, se muestran los resultados de las medias de grados POL, BRIX y PUREZA de jugo, esta muestra fue evaluada el 4 de agosto de 2012. En esta muestra se evaluó a los 30 días de la aplicación de los tratamientos en el laboratorio del IABSA.

Cuadro N°15 Resultado de las Medias de las Variables a 30 días de la aplicación

Muestras evaluadas	Brix Lecturado	Pol Lecturado	Temperatura en °C	Brix Calculado	Pol Calculado	Pureza
0Tratamiento	20.0	71.8	19	17.44	14.29	81.94
1Tratamiento	21.5	82.8	19	18.94	16.81	88.75
2Tratamiento	21.8	85.3	19	19.24	17.87	90.28
3Tratamiento	20.3	77.3	19	17.74	15.57	87.77

En este análisis pasaron 30 días de la aplicación de los tratamientos donde ya se puede observar ciertos cambios, el tratamiento T2 el brix mas alto 19.24, el tratamiento T2 mostró la pol más alta con 17.87, en el análisis de pureza el tratamiento T2 demuestra el mejor comportamiento con un 90.28%.

4.3.1. BRIX.-

Cuadro N°16 Brix Calculado

Tratamientos	Replicas			Σ Tratamientos	Media
	I	II	III		
Tratamiento 0	17,32	18	17	52,32	17,44
Tratamiento 1	18,67	18,92	19,23	56,82	18,94
Tratamiento 2	20	12,6	19,12	51,72	17,24
Tratamiento 3	17,67	17,65	17,9	53,22	17,74
Σ Bloques	73,66	67,17	73,25	214,08	

En este cuadro nos indica que el tratamiento T1 mostró mejor comportamiento con un resultado de 18.94 a los 30 días respecto a los grados brix frente a los otros tratamientos y al testigo. En esta muestra no se encontró mucha diferencia significativa por eso no se realizó ninguna prueba más.

Cuadro N° 17 A.N.O.VA. Para el Brix

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TOTAL	11	38,62				
Tratamiento	3	5,22	1,74	0,39 ^{n.s.}	4,76	9,78
Bloques	2	6,60	3,30	0,74 ^{n.s.}	5,14	10,9
Error	6	26,79	4,47			

El cuadro ANOVA indica que estadísticamente no existe diferencia significativa entre los tratamientos los cuales presentan resultados similares.

4.3.2. POL.-

Cuadro N° 18 Pol Calculado

Tratamientos	Replicas			Σ Tratamientos	Media
	I	II	III		
Tratamiento 0	14,3	14,27	14,3	42,87	14,29
Tratamiento 1	15,9	17,66	16,87	50,43	16,81
Tratamiento 2	18,87	17,88	16,86	53,61	17,87
Tratamiento 3	15,2	16,16	15,35	46,71	15,57
Σ Bloques	64,27	65,97	63,38	193,62	64,54

En este análisis de la pol el tratamiento T2 presenta el dato más alto 17.87% superando a los otros tratamientos. El tratamiento se comporta de la manera esperada elevando el contenido de sacarosa en el jugo. En los otros tratamientos los resultados no son bajos están cerca al resultado más alto pero el tratamiento T0 presenta un resultado más bajo observando así que los tratamientos están superando al testigo. Esto se puede atribuir a que su periodo de maduración natural ya está llegando a su final.

Cuadro N°19 A.N.O.V.A. para el Pol Calculado

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TOTAL	11	25,68				
Tratamiento	3	21,57	7,19	13,30*	4,76	9,78
Bloques	2	0,87	0,43	0,80 ^{n.s.}	5,14	10,9
Error	6	3,24	0,54			

El cuadro de ANOVA nos indica que existe una diferencia entre el tratamiento 2 frente a los otros tratamientos y al testigo, pero entre el tratamiento T1,T3 y el T0 no existe una diferencia significativa se comportan de la misma manera.

Media General = 16.1350

Coefficiente de Variacion = 4.5561 %

Error standard de la media = 0.4244

- **Prueba de Duncan.**

Tratamiento 2	17.87	a	a
Tratamiento 1	16.81	ab	a
Tratamiento 3	15.57	bc	ab
Tratamiento 0	14.29	c	b

Según la prueba de Duncan, el Tratamiento T2 resultó ser el de mejor comportamiento con 17.87 de pol, puesto que difiere estadísticamente de los restantes con un nivel de significancia del 5%; en segundo lugar se encuentra el T1 con 16.81, seguido del T3 con 15.57 y en último lugar se ubica el Tratamiento T0 con 14.29.

Mientras que para el 1% se observa que estadísticamente no existen diferencias significativas entre el T2 y T1, mientras que en el tratamiento 3 y 0 existen diferencias.

4.3.3. PUREZA.-

Cuadro N°20 Pureza

Tratamientos	Replicas			Σ Tratamientos	Media
	I	II	III		
Tratamiento 0	81,98	90,94	82,9	255,82	85,27
Tratamiento 1	88,81	87,78	89,66	266,25	88,75
Tratamiento 2	90,3	89,5	91,04	270,84	90,28
Tratamiento 3	87	88	86,31	261,31	87,10
Σ Bloques	348,09	356,22	349,91	1054,22	

En el análisis de pureza el tratamiento T2 sigue mostrando el dato más alto 90.28% frente a los otros tratamientos y al testigo. Esto nos indica que el tratamiento T2 tiene una respuesta muy favorable a la dosis aplicada comparando con el testigo que presenta el porcentaje más

bajo 85.27%, los otros dos tratamientos igual tienen una respuesta favorable ya que también superan al tratamiento T0.

Cuadro N° 21 A.N.O.V.A. para el Pol Calculado

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TOTAL	11	94,73				
Tratamiento	3	41,73	13,91	1,90 ^{n.s.}	4,76	9,78
Bloques	2	9,10	4,55	0,62 ^{n.s.}	5,14	10,9
Error	6	43,89	7,32			

El análisis estadístico nos indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos respecto a la variable pureza de la caña de azúcar. Los tratamientos presentan resultados similares entre sí.

4.4.- Cuarta evaluación.

En el Cuadro N° 22, se muestran los resultados de las medias de grados POL, BRIX y PUREZA de jugo, esta muestra fue evaluada el 19 de agosto de 2012. En esta muestra se evaluó a los 45 días de la aplicación de los tratamientos en el laboratorio del IABSA.

Cuadro N° 22 Resultado de las Medias de las Variables a 45 días de la aplicación

Muestras evaluadas	Brix Lecturado	Pol Lecturado	Temperatura en °C	Brix Calculado	Pol Calculado	Pureza
0Tratamiento	18.9	68.41	23	16.59	13.54	81.62
1Tratamiento	21.2	82.32	23	18.89	16.73	88.57
2Tratamiento	20.4	77.1	23	18.09	15.52	85.79
3Tratamiento	21.0	80.1	23	18.69	16.20	86.68

En este análisis pasaron 45 días de la aplicación de los tratamientos donde ya se puede observar ciertos cambios, el tratamiento T1 el brix mas alto 18.89, el tratamiento T1 mostro la pol mas alta con 16.73, en el análisis de pureza el tratamiento T1 demuestra el mejor comportamiento con un 88.57%.

4.4.1. BRIX.-

Cuadro N°23 Brix Calculado

Tratamientos	Replicas			Σ Tratamientos	Media
	I	II	III		
Tratamiento 0	16,5	16,61	16,66	49,77	16,59
Tratamiento 1	19,17	18,5	19	56,67	18,89
Tratamiento 2	18	18,13	18,14	54,27	18,09
Tratamiento 3	18,09	19	19	56,09	18,70
Σ Bloques	71,76	72,24	72,8	216,8	

Al observar los datos se puede decir que el tratamiento T1 responde de mejor manera a los 45 días, se obtiene una ascendencia del brix, pol y pureza de manera homogénea no presentando aumentos ni bajadas bruscas en sus valores.

Cuadro N° 24 A.N.O.V.A. para el Brix Calculado

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TOTAL	11	10,59				
Tratamiento	3	9,77	3,26	28,53*	4,76	9,78
Bloques	2	0,14	0,07	0,59 ^{n.s.}	5,14	10,9
Error	6	0,68	0,11			

En el cuadro de ANOVA nos indica que el tratamiento T1 tiene una diferencia frente a los otros resultados los cuales entre si no demuestran diferencia significativa.

- **Prueba de Duncan.**

Tratamiento 1	18.89	a	a
Tratamiento 3	18.69	ab	a
Tratamiento 2	18.09	b	a
Tratamiento 0	16.59	c	b

Según la prueba de Duncan, el Tratamiento T1 resultó ser el de mejor comportamiento con un resultado de 18.89, puesto que difiere estadísticamente de los restantes con un nivel de significancia del 5%; en segundo lugar se encuentra el T3 con 18.69, seguido del T2 con 18.09 y en último lugar se ubica el T0 con 16.59.

Mientras que para el 1% se observa que estadísticamente no existen diferencias significativas entre el T1.T2 y T3, mostrando un el resultado más bajo el T0.

4.4.2. POL.-

Cuadro N° 25 Pol Calculado

Tratamientos	Replicas			Σ Tratamientos	Media
	I	II	III		
Tratamiento 0	14	13,4	13,22	40,62	13,54
Tratamiento 1	17	17	16,19	50,19	16,73
Tratamiento 2	15,4	15,16	16	46,56	15,52
Tratamiento 3	16,2	15,4	17	48,6	16,20
Σ Bloques	62,6	60,96	62,41	185,97	

En el análisis de la pol el tratamiento 1 nos indica un resultado de 16.73 sigue presentando los mejores resultados frente a los otros tratamientos. Este tratamiento nos presenta el aumento de las variables de manera constante comportándose de mejor manera que los otros tratamientos.

Cuadro N°26 A.N.O.V.A. para el Pol Calculado

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TOTAL	11	19,96				
Tratamiento	3	17,53	5,84	17,33*	4,76	9,78
Bloques	2	0,40	0,20	0,60 ^{n.s.}	5,14	10,9
Error	6	2,02	0,34			

Media General = 15.4975

Coefficiente de Variación = 3.7463 %

Error standard de la media = 0.3352

• **Prueba de Duncan.**

Tratamiento 1	16.73	a	a
Tratamiento 3	16.20	ab	a
Tratamiento 2	15.52	b	a
Tratamiento 0	13.54	c	b

El cuadro de anova nos indica que el tratamiento T1 es superior a los otros tratamientos los cuales no presentan diferencia significativa entre sí.

Según la prueba de Duncan, el Tratamiento T1 resultó ser el de mejor comportamiento con un resultado de 16.73, puesto que difiere estadísticamente de los restantes con un nivel de significancia del 5%; en segundo lugar se encuentra el T3 con 16.20, seguido del T2 con 15.52 y en último lugar se ubica el T0 con 13.54.

Mientras que para el 1% se observa que estadísticamente no existen diferencias significativas entre el T1.T2 y T3, mostrando un el resultado más bajo el T0.

4.4.3. PUREZA.-

Cuadro N° 27 Pureza

Tratamientos	Replicas			Σ Tratamientos	Media
	I	II	III		
Testigo	82,24	80,62	82	244,86	81,62
Tratamiento 1	88,44	88,73	88,54	265,71	88,57
Tratamiento 2	86	85,37	86	257,37	85,79
Tratamiento 3	87	86,04	87	260,04	86,68
Σ Bloques	343,68	340,76	343,54	1027,98	

Este cuadro refleja que el tratamiento T1 sigue presentando los mejores resultados con una pureza de jugo de 88.56% ya que es superior a los otros tratamientos. En el tratamiento T0 se puede observar que este porcentaje va disminuyendo esto se atribuye a que su punto de maduración va en decadencia esto se debe a las condiciones de clima y humedad.

Cuadro N° 28 A.N.O.V.A. para la Pureza

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TOTAL	11	79,99				
Tratamiento	3	77,54	25,85	141,63***	4,76	9,78
Bloques	2	1,36	0,68	3,72 ^{n.s.}	5,14	10,9
Error	6	1,09	0,18			

Media General = 85.6650

Coefficiente de Variación = 0.4984 %

Error estándar de la media = 0.2465

- **Prueba de Duncan.**

Tratamiento 1	88.57	a	a
Tratamiento 3	86.68	b	b
Tratamiento 2	85.79	c	b
Tratamiento 0	81.62	d	c

El cuadro anova nos indica que existe una diferencia significativa entre el tratamiento T1 frente al tratamiento T2, T3 y el T0 los cuales presentan porcentajes menores pero los mismos no presentan diferencia muy significativa entre ellos.

Según la prueba de Duncan, el Tratamiento T1 resultó ser el de mejor comportamiento con un resultado de 88.57% de pureza, puesto que difiere estadísticamente de los restantes con un nivel de significancia del 5%; en segundo lugar se encuentra el T3 con 86.68%, seguido del T2 con 85.79 y en último lugar se ubica el T0 con 81.62.

Mientras que para el 1% se observa que estadísticamente existen diferencias significativas entre el T1y T2, T3 los cuales no tienen diferencia significativa, mostrando el resultado más bajo el T0.

4.5.- Quinta evaluación.-

En los Cuadros N° 5, se muestran los resultados de las medias de grados POL, BRIX y PUREZA de jugo, esta muestra fue evaluada el 3 de septiembre de 2012. En esta muestra se evaluó a los 60 días de la aplicación de los tratamientos en el laboratorio del IABSA.

Cuadro N° 29 Resultado de las Medias de las Variables a 60 días de la aplicación

Muestras evaluadas	Brix Lecturado	Pol Lecturado	Temperatura en °C	Brix Calculado	Pol Calculado	Pureza
0Tratamiento	19.0	70.02	30	17.18	13.97	81.32
1Tratamiento	21.5	87.2	30	19.68	17.82	90.55
2Tratamiento	21.0	83.8	30	19.18	17.09	89.10
3Tratamiento	21.3	85.1	30	19.48	17.36	89.12

En este análisis pasaron 60 días de la aplicación de los tratamientos donde ya se puede observar ciertos cambios, el tratamiento T1 el brix mas alto 19.68, el tratamiento T1 mostro

la pol más alta con 17.82, en el análisis de pureza el tratamiento T1 demuestra el mejor comportamiento con un 90.55%.

Al observar los datos se puede decir que el tratamiento T1 responde de mejor manera a los 60 días, se obtiene una ascendencia del brix, pol y pureza de manera homogénea no presentando aumentos ni bajadas bruscas en sus valores. Los otros tratamientos también presentan aumento en sus valores pero hasta esta etapa el tratamiento T1 mejora el mejor comportamiento.

4.5.1. BRIX.-

Cuadro N°30 Brix Calculado

Tratamientos	Replicas			Σ Tratamientos	Media
	I	II	III		
Tratamiento 0	17,2	17,14	17,2	51,54	17,18
Tratamiento 1	19,04	20	20	59,04	19,68
Tratamiento 2	20	15,54	19	54,54	18,18
Tratamiento 3	19,9	19,47	19,07	58,44	19,48
Σ Bloques	76,14	72,15	75,27	223,56	74,52

En este cuadro el tratamiento T1 muestra el dato más alto 19,68, frente al otro tratamiento. El tratamiento T0 presenta el dato más bajo 17.18 se observa un descenso progresivo en los valores del tratamiento T0 mientras los tratamientos presentan un aumento satisfactorio en todos sus valores.

Cuadro N° 31 A.N.O.V.A. para el Brix Calculado

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TOTAL	11	24,31				
Tratamiento	3	12,39	4,13	2,55 ^{n.s.}	4,76	9,78
Bloques	2	2,20	1,10	0,68 ^{n.s.}	5,14	10,9
Error	6	9,71	1,62			

Media General = 18.6300

Coefficiente de Variacion = 6.8300 %

Error standard de la media = 0.7346

El cuadro de ANOVA nos indica que estadísticamente no existe diferencia significativa. El tratamiento T1 presenta los valores más altos pero no se aleja mucho de los otros tratamientos lo cual no deja diferencia significativa entre ellos. Esto se atribuye a que el material entro en un estado de maduración alto.

4.5.2. POL.-

Cuadro N° 31 Pol Calculado

Tratamientos	Replicas			Σ Tratamientos	Media
	I	II	III		
Testigo	14	14	13,91	41,91	13,97
Tratamiento 1	19	17,16	17,3	53,46	17,82
Tratamiento 2	16,27	18	17	51,27	17,09
Tratamiento 3	18	17,68	17	52,68	17,56
Σ Bloques	67,27	66,84	65,21	199,32	

En el análisis de la pol el tratamiento T1 sigue presentando el dato más alto 17.82 frente a los otros tratamientos y el T0. En este cuadro nos refleja la respuesta positiva del cultivo asía el tratamiento donde el T0 muestra el dato más bajo.

Cuadro N° 32 A.N.O.V.A. para el Pol Calculado

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TOTAL	11	32,83				
Tratamiento	3	28,70	9,57	16,20*	4,76	9,78
Bloques	2	0,59	0,30	0,50 ^{n.s.}	5,14	10,9
Error	6	3,54	0,59			

Media General = 16.6100

Coefficiente de Variación = 4.6270 %

Error standard de la media = 0.4437

- **Prueba de Duncan.**

Tratamiento 1	17.82	a
Tratamiento 3	17.56	a
Tratamiento 2	17.09	a
Tratamiento 0	13.97	b

El cuadro de anova nos indica que el tratamiento T1 tiene una diferencia frente a los otros tratamientos, entre los cuales no existe la diferencia significativa.

Según la prueba de Duncan, el Tratamiento T1 resultó ser el de mejor comportamiento con un resultado de 17.82 de brix, puesto que difiere estadísticamente de los restantes con un nivel de significancia del 5%; en segundo lugar se encuentra el T3 con 17.56, seguido del T2 con 17.09 y en último lugar se ubica el T0 con 13.97.

4.5.3. PUREZA.-

Cuadro N°33 Pureza

Tratamientos	Replicas			Σ Tratamientos	Media
	I	II	III		
Testigo	82	80,8	81,16	243,96	81,32
Tratamiento 1	91,1	90,3	90,25	271,65	90,55
Tratamiento 2	88,3	90	89	267,3	89,10
Tratamiento 3	90	89	88,36	267,36	89,12
Σ Bloques	351,4	350,1	348,77	1050,27	

En el análisis de pureza el tratamiento T1 muestra el mejor resultado 90.55% obtenido frente a los otros tratamientos y el T0. Los otros tratamientos presentan valores buenos que no están muy diferentes al tratamiento T1 el testigo presenta el valor más bajo esto puede ser consecuencia que el cultivo ya esté llegando a la culminación de su ciclo donde ya muestra un decrecimiento en sus valores.

Cuadro N° 34 A.N.O.V.A. para la Pureza

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TOTAL	11	162,07				
Tratamiento	3	158,03	52,68	99,54**	4,76	9,78
Bloques	2	0,86	0,43	0,82 ^{n.s.}	5,14	10,9
Error	6	3,18	0,53			

Media General = 87.5225

Coefficiente de Variación = 0.8318 %

Error estándar de la media = 0.4203

- **Prueba de Duncan.**

Tratamiento 1 90.55 a

Tratamiento 3 89.12 a

Tratamiento 2 89.10 a

Tratamiento 0 81.32 b

El cuadro de anova nos indica que existe una diferencia significativa entre el tratamiento T1 frente a los otros tratamientos, el T0 presenta el valor más bajo.

Según la prueba de Duncan, el Tratamiento T1 resultó ser el de mejor comportamiento con un resultado de 90.55% de pureza, puesto que difiere estadísticamente de los restantes con un nivel de significancia del 5%; en segundo lugar se encuentra el T3 con 89.12% de pureza, seguido del T2 con 89.10 de pureza y en último lugar se ubica el T0 con 81.32% de pureza.

4.6. Análisis Económico.-

Para el análisis económico se realizó el cálculo del rendimiento fabril usando la siguiente fórmula:

$$\frac{40}{p} * 0.7 - 0.55 * pol\% = \text{rendimiento fabril}$$

Donde:

P= pureza de jugo

Pol= pol de jugo

4.6.1. Rendimiento fabril de las medias de las evaluaciones.-

Cuadro N° 35 Rendimiento fabril

Evaluaciones	Tratamiento T0	Tratamiento T1	Tratamiento T2	Tratamiento T3
Inicio	6.89%	7.28%	7.44%	7.36%
15 días	7.10%	8.06%	7.63%	7.72%
30 días	8.72%	8.89%	8.21%	8.24%
45 días	7.52%	8.93%	9.09%	8.59%
60 días	7.34%	9.49%	9.52%	9.23%

Fogliata, 1995, indica que el rendimiento fabril es cantidad de azúcar que se obtiene a partir de una determinada cantidad de caña que entra en la fábrica. Depende de la tecnología y técnica empleadas. Esto quiere decir que si tenemos un rendimiento fabril de 9.50% se tiene una producción de 95kg de azúcar por tonelada de caña procesada.

4.6.2. Caña de Azúcar, Superficie sembrada, producción de azúcar y rendimiento fabril en Tucumán del 1990 a 2005.

Año	Sup. Semb. ha.	Rend. prom. tn caña / ha.	Caña molida tn.	Producción de azúcar tn.	Rend. prom. fabril %
1990	250.000	38,68	6.654.578	611.322	9,19
1991	250.000	42,34	8.788.611	877.242	9,98
1992	250.000	43,26	8.019.099	756.840	9,44
1993	224.800	38,85	6.132.255	560.550	9,14
1994	224.800	40,11	6.912.664	640.413	9,26
1995	225.100	46,49	8.833.895	920.157	10,42
1996	210.000	53,97	8.976.865	793.419	8,84
1997	202.000	52,27	9.948.502	1.049.734	10,55
1998	222.000	67,02	11.328.749	1.153.248	10,09
1999	202.700	52,12	10.274.749	956.785	9,31
2000	184.100	51,32	9.594.595	892.396	9,30
2001	183.390	52,21	9.145.226	862.709	9,43
2002	185.720	53,41	8.987.049	914.341	10,17
2003	188.920	51,16	10.568.847	1.094.736	10,36
2004	200.530	52,17	10.518.534	1.030.352	9,80
2005	193.120	63,00	11.450.965	1.267.288	11,07

Fuente: Superficie plantada 1990-1998 SAG Tucumán.
 1999-2005 SR y SIG EEADC - SIA, *2005 sup. cosechable.
 Rendimiento (t/ha) 1999-2005 Sección Economía & Estadísticas EEADC - SIA.
 Caña molida, rendimiento fabril %, y azúcar producida 1990 - 2005 CAA.

4.6.2. Rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña.-

Cuadro N° 36 Kilogramos por tonelada de caña

Evaluaciones	Tratamiento T0	Tratamiento T1	Tratamiento T2	Tratamiento T3
Inicio	68.90kg	72.80kg	74.40kg	73.60kg
15 días	71kg	80.60kg	76.30kg	77.20kg
30 días	82.20kg	88.90kg	82.10kg	82.40kg
45 días	75.20kg	89.30kg	90.90kg	85.90kg
60 días	74.40kg	94.90kg	95.20kg	92.30kg

Según Jiménez (2007), indica que en promedio se obtiene 101 kg de azúcar por tonelada de caña, mientras que Colombia, país líder en la producción de azúcar, en el 2001 obtuvo 119 kg por tonelada de caña. Tomando en cuenta las condiciones en las que se realiza el cultivo de caña en la región de Bermejo se considera que los rendimientos alcanzados son buenos ya que en la región se cultiva en su mayoría a secano y con poca tecnología.

4.6.3. Estimación en bs de azúcar obtenida por tonelada de caña.-

Tomando en cuenta un precio promedio de 4bs por kg de azúcar:

Cuadro N° 37 Estimación monetaria de azúcar obtenida por tonelada de caña

Evaluaciones	Tratamiento T0	Tratamiento T1	Tratamiento T2	Tratamiento T3
Inicio	275bs	291.20bs	297.60bs	294.40bs
15 días	284bs	322.40bs	305.20bs	308.80bs
30 días	328.80bs	355.60bs	328.40bs	329.60bs
45 días	300.80bs	357.20bs	363.60bs	343.60bs
60 días	297.60bs	379.60bs	380.80bs	369.20bs

Se debe tomar en cuenta que el precio por kg de azúcar puede variar en la presente gestión el precio del azúcar tuvo tendencia a bajar por exceso de oferta en el mercado.

Ahora bien esta ganancia expuesta llega a ser hipotética ya que en la región de Bermejo el sistema de pago al productor cañero se realiza por tonelada métrica de caña y no así por el contenido de azúcar que presenta dicho material, es decir la aplicación de los tratamientos representaría una ganancia interesante para el sector empresarial no tanto así para el productor.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Dando respuesta a los objetivos planteados en la presente investigación se tiene que:

- ❖ Con respecto a los grados brix se obtiene el mejor resultado a los 15 días con el tratamiento T0 con un resultado de 20.44° brix.
- ❖ En cuanto al pol % se consiguió obtener el valor más alto a los 15 días con el tratamiento T0 con un resultado e 19.49%.
- ❖ Para la variable pureza de jugo se observa que su valor máximo es obtenido a 60 días de la aplicación con el tratamiento T1 con un resultado de 90.55%.
- ❖ Observando el rendimiento fabril se tiene que el rendimiento más alto se presenta con el tratamiento T2 a los 60 días de la aplicación con un resultado de 9.52%.
- ❖ Tomando en cuenta el análisis económico se tiene que se obtiene la mejor ganancia a 60 días de la aplicación con el tratamiento T2 con una ganancia estimada de 380.80bs.

5.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones efectuadas en el presente estudio, se recomienda:

- ❖ Se recomienda en caso de no aplicar glifosato como madurador realizar la cosecha en un tiempo adecuado que no exceda de la primera quincena de agosto en el caso de la variedad BTB 89-386.
- ❖ Realizando la aplicación de glifosato a una dosis de 1lt/ha se recomienda realizar la cosecha a los 60 días donde se presenta los mejores resultados y por consiguiente el momento ideal para realizar la cosecha.
- ❖ Tomando en cuenta una dosis de 1.5lt/ha se recomienda realizar la cosecha a los 30 días de haber realizado la aplicación es cuando se obtuvieron los mejores resultados.
- ❖ Si se realiza la aplicación de glifosato a una dosis de 2lt/ha se recomienda la cosecha a los 60 días de haber aplicado el tratamiento es cuando mejor se comporta este tratamiento.
- ❖ En las condiciones de pago que se realiza en el IABSA donde el pago es por tonelada métrica y no por contenido de azúcar, en estas condiciones no es muy recomendable realizar los tratamientos mencionados.
- ❖ Se recomienda seguir realizando trabajos de investigación sobre el tema en diferentes variedades y diferentes épocas para obtener nuevos resultados que beneficien al sector agroindustrial de la región de Bermejo.