

0. INTRODUCCION

La germinación constituye un estado crítico en la vida de la planta de caña de azúcar. Esta etapa inicial y el desarrollo de la planta están limitadas por un complejo de eventos secuenciales de origen fisiológico y bioquímico que ocurren durante el estado de latencia y la transición del estado activo de la yema.

La complejidad de éste fenómeno se caracteriza por presentar cambios metabólicos de reserva, la actividad de las enzimas apropiadas y las hormonas de la planta.

El estado de latencia de las yemas está gobernado por un conjunto de reacciones fisiológicas y un equilibrio hormonal, que puede romperse utilizando productos químicos o prácticas culturales.

CENICAÑA está utilizando actualmente una modificación en la propagación de semilla de caña de azúcar, que consiste en la extracción con un sacabocado de las yemas de los tallos de plantas cultivadas en un semillero limpio y que tienen entre ocho y nueve meses de edad. Las yemas una vez que se extraen se someten a un tratamiento térmico con agua caliente, se sumergen en una solución de un fungicida, se colocan a germinar y finalmente son trasplantadas en semilleros plásticos que se ubican en viveros especialmente acondicionados.

Este sistema permite incrementar en forma significativa la tasa de multiplicación o relación de siembra: por ejemplo en la variedad CC 84-75 se ha alcanzado una relación 1: 120, sin embargo la tasa de multiplicación en las distintas variedades depende de la producción de tallos por metro y la calidad de las yemas.

En el estudio se considera principalmente mejorar la germinación de las yemas totales de la caña de azúcar a través de tratamientos culturales y químicos en las

variedades CC 84-75, CC 85-68 y CC 85-92 activando el sistema hormonal de las yemas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La siembra de la caña de azúcar comercialmente se ha venido realizando con sistemas tradicionales, como la siembra de trozos de 3-4 yemas agrupados en paquetes de 30 unidades de caña de azúcar y distribuidos cada 12 metros, colocados a lo largo del surco. La distancia entre surcos es de 1.5 m. La siembra es realizada en forma manual.

Actualmente se ha mejorado este método ampliando las densidades de siembra, un método aun más eficiente en el uso de la semilla es la siembra mecanizada de plántulas de caña de azúcar .

La tecnología de la siembra mecanizada de caña de azúcar tiene alta aceptación en la industria azucarera Colombiana como herramienta en la multiplicación rápida de variedades. En algunas variedades se presenta el problema de la baja germinación que se debe en mayor o menor proporción al manejo dado a la semilla y al tratamiento térmico a que son sometidas las yemas

Al lograrse un aprovechamiento total del tallo se reducen los costos de producción porque se requiere por área sembrada menor cantidad de semilla y menor área de semillero. El sistema de siembra de caña de azúcar con plántulas presenta ventajas como el mejoramiento en la calidad fitosanitaria y menor cantidad de semilla por hectárea.

Para sintetizar el problema, se puede enmarcar su planteamiento en el siguiente interrogante: ¿Cómo es posible mejorar la germinación de las yemas totales del tallo en tres variedades comerciales de caña de azúcar a través de tratamientos culturales y químicos?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Mejorar la germinación de las yemas totales del tallo de la caña de azúcar a través de tratamientos culturales y químicos en las variedades CC 84-75, CC 85-68 y CC 85-92.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar los mejores tratamientos químicos para mejorar la germinación de las variedades de caña de azúcar CC 84-75, CC 85-68 Y CC 85-92.
- Determinar los mejores tratamientos culturales para mejorar la germinación de las variedades de caña de azúcar CC 84-75, CC 85-68 Y CC 85-92.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1 VARIEDADES CC (Cenicaña Colombia)

Ranjel y colaboradores dicen:

Las variedades de caña son la materia prima para la producción de azúcar y panela. La inversión en los programas de investigación y selección se realiza con el objetivo de encontrar variedades de mejor adaptación, resistencia a las enfermedades y los insectos plaga, y de mejor productividad y rentabilidad que las existentes. El área cultivada con caña de azúcar en el Valle del río Cauca es heterogénea respecto a sus condiciones de suelo y clima. Además, la productividad de caña de azúcar difiere de acuerdo con el ambiente. CENICAÑA define una zona agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar como una zona relativamente homogénea en relación con la respuesta del cultivo en producción, caracterizada por factores biofísicos de largo plazo generalmente estables.

La industria azucarera Colombiana durante varios años se ha mantenido utilizando variedades importadas y mejoradas. Hasta el año 1997 la variedad que mayor área de siembra comercial ocupaba era la variedad MZC 74-275 con el 40.5%, siendo una variedad de buena producción de caña en algunas zonas agroecológicas y alto contenido de sacarosa en la mayoría de ellas, con un porcentaje de floración muy alto, resistente a la enfermedad del carbón y mosaico, pero altamente susceptible a la roya. Inicialmente Cenicaña seleccionó variedades dentro del germoplasma extranjero y de forma simultánea empezó la selección de las variedades que hoy conocemos con la sigla CC: Cenicaña Colombia. En la actualidad la agroindustria azucarera Colombiana dispone de variedades que en conjunto superan la producción y la rentabilidad de las

variedades predecesoras. Actualmente la variedad más sembrada es la CC 85-92 ocupando un área del 50.8%. Las mejores variedades obtenidas por Cenicaña a través del proceso de investigación y que han sido adoptadas por la agroindustria azucarera comercialmente, fortaleciendo y sosteniendo el sector azucarero son: CC 84-75, CC 85-68 y CC 85-92.¹

3.1.1 Comportamiento de la variedad CC 84-75 sembrada con plántulas. La germinación es muy buena superior al 80%. Es de crecimiento vigoroso. El macollamiento varía entre 14 y 16 tallos por cepa con tendencia al volcamiento. La floración es casi nula. Resistente a las enfermedades de carbón, roya y mosaico; altamente resistente al raquitismo de las socas. Esta variedad se ha destacado por la producción de caña superior a la variedad testigo MZC 74-275 con valores que oscilan entre el 29% y 42% y sacarosa en caña entre 5.1% y 9.6% en varias zonas agroecológicas. Actualmente esta variedad ocupa un área del 15.7%.²

3.1.2 Comportamiento de la variedad CC 85-68 sembrada con plántulas. No tiene buena germinación. La semilla debe tener entre siete y ocho meses de edad para lograr una germinación del 70%. Su crecimiento es vigoroso y erecto. Es resistente al volcamiento. El macollamiento es de 10 a 12 tallos por cepa. No florece. Es altamente resistente a las enfermedades de carbón, roya y mosaico; resistente al raquitismo de las socas. La producción de caña de esta variedad ha sido variada en las distintas zonas agroecológicas debido a su baja germinación, sin embargo en una zona agroecológica fue superior en un 18% respecto a la variedad testigo MZC 74-275. En cuanto al contenido de sacarosa ha sido superior al testigo en casi todas las zonas agroecológicas con valores entre 2% y 10.3% respectivamente. Actualmente esta variedad ocupa un área del 7.2%.³

¹ RANJEL, H.; VIVEROS, C.; AMAYA, A.; GOMEZ, L.; VICTORIA, J. Y ANGEL, J.C. Catálogo de variedades. Cali, CENICAÑA, 2003, 81 p. (Serie técnica, no. 31).

² Ibid., p.28

³ Ibid., p.32

3.1.3 Comportamiento de la variedad CC 85-92 sembrada con plántulas. La germinación es moderada entre 75% y 80%. Es de crecimiento vigoroso y erecto. El macollamiento está entre 10 y 12 tallos por cepa. La floración es muy escasa. Resistente a las enfermedades de carbón, roya y mosaico. Intermedia en resistencia al raquitismo de las socas. En la producción de caña esta variedad se ha destacado en varias zonas agroecológicas con valores entre 38% y 78% superiores con respecto a la variedad testigo MZC 74-275. El contenido de sacarosa de esta variedad ha variado de acuerdo a la zona agroecológica donde se haya sembrado, en algunos casos con valores entre 2.1% y 4.1% superiores a la variedad MZC 74-275.⁴

3.2 SIEMBRA DE CAÑA DE AZÚCAR EN COLOMBIA

Sobre la calidad de la semilla, Buenaventura, C, E dice:

Este proceso es trascendental en el desarrollo de una plantación y en su producción final. Además, un cultivo que va a ser aprovechado durante varios cortes, requiere desde su inicio de un manejo adecuado que empieza con una buena preparación del suelo, selección y pureza de la variedad y utilización de semilla de óptima calidad que es aquella que se encuentra libre de plagas y enfermedades, con todas sus yemas sanas y funcionales y con buen estado nutricional.⁵

En la zona azucarera Colombiana en ensayos comerciales de distintas variedades se encontró que el sistema de plántulas no solo es aplicable a nivel de siembra de semilleros sino en siembras comerciales. Los resultados mostraron que la siembra mecanizada de plántulas a 0.8 m, produce el mismo tonelaje que el de la siembra tradicional y en variedades de alto volcamiento lo disminuye, originando un aumento

⁴ Ibid., p.34.

⁵ BUENAVENTURA, C, E. Semilleros y siembra de la caña de azúcar, Cali CENICAÑA, 1990, 10 p. (Serie técnica, no. 6).

en el rendimiento en azúcar a causa del menor número de tallos dañados. En el Valle del Cauca se viene usando esta tecnología principalmente en la formación de semilleros básicos y se ha empleado muy poco en las siembras comerciales.*

Viveros y Calderon dicen⁶, la propagación de semilla de caña de azúcar a partir de plántulas sigue los mismos criterios que las de la siembra por esqueje. Los surcos se hacen a una profundidad similar a la utilizada para la siembra en trozos, o sea entre 20 y 30 cm. La distancia de siembra de plántulas es de 0.8 m, con ello se consigue la misma población de cepas que se obtiene en cultivos comerciales.

Sobre la multiplicación de semilla de caña de azúcar, Cassalet y López dicen:

Otro sistema de multiplicación adicional al de esquejes es el de deshije o macollo, que consiste en que a los cuatro meses de edad de la planta se deshijan, primero se hace un riego, a las 24 horas se podan a 30 o 40 cm de altura sobre el suelo. Con una pala de borde recta se arrancan las cepas, que son sumergidas en agua para desprender el suelo y dejar cada macollo con sus raíces, una vez efectuada la labor anterior se procede al deshije manual para seleccionar los hijos o macollos más vigorosos y descartar los más jóvenes. Antes de plantar en el campo la porción radicular de las hojas seleccionadas se sumergen en una solución de **vitavax** 300 (5 gramos / litro). La siembra se hace en hoyos de 20 cm x 20 cm (ancho x hondo) que reciben una aplicación previa de urea. El suelo alrededor de cada hijo se compacta y se aplica un riego ligero. Entre 5 y 10 días después del trasplante se debe aplicar un nuevo riego y entre 30 y 60 días se aplica urea. Cuatro meses después del trasplante se puede repetir la multiplicación por deshije a partir de las nuevas plantas. La tasa de

* CASSALETT, C . Cali. Cenicaña 1995. Comunicación personal.

⁶ VIVEROS, C. y CALDERON, H. Labores de establecimiento del cultivo caña de azúcar siembra. En : El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, CENICAÑA, 1995, p.125.

multiplicación dependiendo de la variedad puede ser de 1 a 12 ó 1 a 14.⁷

3.3 SIEMBRA CON PLÁNTULAS

Cenicaña ha venido promoviendo el uso de una nueva tecnología para siembra de caña de azúcar mediante el trasplante mecanizado de plántulas, que consiste en obtenerlas a través de yemas individuales y su posterior trasplante al campo.

Viveros y Cassalet⁸, comprobaron que: “ Se puede alcanzar una mayor celeridad en la multiplicación de los tallos, con lo cual se puede probar rápidamente las nuevas variedades generadas por el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, CENICAÑA. “

3.3.1 Obtención de plántulas. Para la obtención de las plántulas se cortan tallos con una edad comprendida entre ocho y nueve meses, el recorte individual de las yemas, se hace con la ayuda de una máquina extractora de yemas que posee un cilindro cortador rotatorio o sacabocado, el cual extrae las yemas de 28 mm de diámetro⁹ (Véase la Figura 1).

El sistema de trasplante mecanizado ha brindado muchas ventajas en la siembra de caña de azúcar, como la reducción de costos en comparación con el sistema tradicional generada por la menor cantidad de semilla sometida a tratamiento térmico, aplicación de fungicidas, totalizando el 22% de reducción de los costos comparado con el de la siembra tradicional.¹⁰

⁷ CASSALETT, C. y LÓPEZ, P. Multiplicación acelerada de variedades de caña de azúcar en: Primer Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA), Memorias, Cali, 1984. p.45-55

⁸ VIVEROS, C. y CASSALETT C. Trasplante mecanizado de la caña de azúcar. Nueva tecnología para afrontar la apertura económica. Cali, CENICAÑA, 1995, 10 p. (Documento de trabajo, no. 314). Presentado en IV Congreso Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos. Chinchiná, Colombia. 1995.

⁹ Ibid., p.4

¹⁰ Ibid., p.7

Figura 1. Máquina extractora de yemas de caña de Azúcar.



Se ha observado que en la obtención de las plántulas a partir de las yemas extraídas con el sacabocado no hay un aprovechamiento total del tallo porque las yemas de la parte superior presentan una baja o nula germinación al igual que el tercio inferior, especialmente cuando se ha sobrepasado la época de cosecha de la semilla.

Victoria y colaboradores¹¹, establecieron un tipo de protección fitosanitaria para el control del raquitismo de la soca (RDS), que consiste en un tratamiento previo de las yemas en agua a 50 °C durante 10 minutos, seguido de un periodo de reposo de 8 a 12 horas a temperatura ambiente y de un nuevo tratamiento en agua a temperatura de 51 °C durante una hora. Luego, las yemas se tratan en una solución de **Vitavax** 300 (5 gramos/litro).

Viveros y Cassalet dicen.¹² Las yemas extraídas se colocan en pregerminadores, en una cama formada por ladrillos, que contiene como substrato ceniza, la cual proviene del bagazo de la caña que se utiliza como combustible en las calderas de los ingenios. Posteriormente y luego de germinadas, las yemas se trasladan a semilleros plásticos de 67 unidades tubulares de capacidad (Véase la Figura 2).

Los semilleros o bandejas plásticas se llenan con un substrato compuesto de tierra y cachaza en relación 1: 1. El semillero se transporta hasta las terrazas de crecimiento en donde las plántulas que se han formado se riegan periódicamente y se podan con frecuencia. Las plántulas generadas a partir de las yemas se fertilizan cada dos días en forma foliar, utilizando una bomba de espalda de 18 litros de capacidad con una solución de 5 cm³ de **Tottal** por litro de agua, este proceso se realiza hasta los 60 días de permanencia en los semilleros.¹³

El trasplante se puede realizar de forma manual y mecánica, las plántulas se

¹¹ VICTORIA, J.; VIVEROS, C.; CASSALETT, C. y CALDERON, H. Establecimiento de semilleros limpios. Cali. CENICAÑA, 1997, 19 p. (Serie técnica, no. 22).

¹² VIVEROS, C. y CASSALETT C. Op. Cit., p.5

¹³ Ibid., p.6

trasplantan mecánicamente en el campo con una máquina de tres unidades trasplantadoras de la marca **Whitefield** que en conjunto conforman la **Sugar Cane Trasplanter** modelo **SC-96**¹⁴ (Véase la Figura 3).

La distancia entre surcos y la profundidad de estos es igual a la de la siembra convencional pero la distancia entre plántulas es de 0.8 m, con lo que se obtiene una población de 8.333 plántulas por hectárea.

Figura 2. Semilleros plásticos utilizados en la siembra de las yemas de la caña de azúcar.



Figura 3. Máquina trasplantadora de plántulas de caña de azúcar, marca **whitefield** modelo **SC-96**



¹⁴ VIVEROS, C. y CASSALETT C. Op. Cit., p.8

3.4 GERMINACIÓN DE LAS YEMAS

La germinación y el desarrollo de la caña de azúcar depende de factores genéticos y ambientales. En las variedades que tienen baja germinación, es posible incrementar ésta por medio de prácticas culturales o controlando el balance hormonal que regula tal proceso.

Tang y Chen¹⁵. "mostraron que la germinación de la caña de azúcar se eleva significativamente a una temperatura cercana a 30 °C y disminuye a medida que ésta es menor. Esto se debe a una disminución de las invertasas ácidas y neutras, producto de una menor conversión en el proceso donde la sacarosa se desdobla a glucosa, ya que este último paso es importante para la actividad de tales enzimas".

Cenicaña, realizó estudios tendientes a observar el nivel hormonal en dos tipos de semillas de caña de azúcar de buena y pobre germinación, encontrando que con concentraciones altas de los ácidos absicico (**ABA**) e indolacético (**IAA**) se reduce la germinación, ésta se puede mejorar tratando las semillas con agua a 50 °C en tiempo corto, o sumergiéndolas en soluciones que contengan productos alcalinos como el bicarbonato de sodio. Se lograron aumentos significativos del valor del 30% cuando las semillas de caña poco antes de la siembra se sumergieron en soluciones que contenían cal.¹⁶

Amaya y colaboradores, señalan:

La caña de azúcar presenta latencia ápical, proceso que es determinado por ciertas auxinas que inducen la germinación de las yemas localizadas en el tercio

¹⁵ TANG, H. Y CHEN, W. Citados por AMAYA y colaboradores. Estudios on The Trasplanting of Sugar Cane in Taiwan. En: Proceeding XV Congress, of the International Society of Sugar Cane Technologist, 15^a. Huwei, Taiwan, 1974. v. 2 p.756-760.

¹⁶ CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA. Cali. Informe anual de labores. Programa de variedades. Cali, CENICAÑA, 1987, 13 p.

superior del tallo, además que ocasionan un estado de latencia en las yemas basales, presentando con mayor frecuencia la presencia de espacios libres a lo largo del surco de siembra cuando los trozos de semilla son demasiado largos debido a problemas de germinación, razón por la cual las siembras de caña de azúcar en forma comercial se hacen utilizando trozos de caña y no tallos enteros.¹⁷

Estudios realizados en CENICAÑA, mostraron disminución del orden del 9% y 35% de germinación en las variedades CP 57-603 y POJ 2878 respectivamente, cuando se utilizaron tallos enteros con relación a la siembra con el método de estacas. Aunque luego de cuatro meses donde ocurre la época de máxima población el número de tallos fue menor al utilizar trozos enteros, la producción de caña no mostró diferencias significativas ya que el valor fue similar en ambos sistemas tallos enteros vs trozos.¹⁸

El mantenimiento de una humedad adecuada en el suelo luego de la siembra es indispensable para obtener una buena germinación después de la misma, por eso es necesario tener en cuenta de que la edad óptima para el corte de la semilla está entre siete y nueve meses y que depende de la variedad utilizada.

El mayor porcentaje de germinación se obtiene cuando se siembra la semilla luego del segundo y quinto día de haberse hecho el corte, ya que después del sexto día la germinación disminuye considerablemente. La propagación de la caña de azúcar comercialmente se hace por medio de trozos del tallo o estacas de caña joven siete a nueve meses de edad, según la variedad y con una longitud de 50 a 60 cm. Se han iniciado otros sistemas de propagación comercial como el de yemas pregerminadas o

¹⁷ AMAYA, A.; COCK, J.; HERNANDEZ, A. E IRVINE, E. Biología y mejoramiento genético de la caña de azúcar. Biología. En: El cultivo de caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, CENICAÑA 1995. p.39.

¹⁸ CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA. Cali. Informe anual de labores. Programa de variedades. Cali, CENICAÑA, 1982, 30 p.

plántulas derivadas de micropropagación de meristemo apical.

3.5 ALMACENAMIENTO DE PLÁNTULAS

A propósito sobre este proceso, George, B. Dice:

Se utilizan yemas de 25 mm de largo, las cuales se cortan de la semilla normal y se tratan en agua caliente con **Bayleton** para controlar la Roya, las yemas se colocan en bandejas llenas de bagazo y **compost**. Las bandejas se colocan en un pregerminador a 30 °C, con una humedad relativa del 90% durante cuatro días. Dependiendo de la estación, puede dejarse durante 4 a 12 semanas (uno a tres meses en vivero), tiempo en el cual las plantas están listas para el trasplante.¹⁹

Como dice Mtshali²⁰, en la estación experimental de la asociación azucarera Sudafricana (**SASEEX**); se ratifican las ventajas que presenta el trasplante de plántulas y hace énfasis en que el sistema asegura la buena calidad en la producción de la caña reduciendo los costos en el tratamiento de la semilla.

3.6 UTILIZACIÓN DE REGULADORES DE CRECIMIENTO EN CAÑA DE AZÚCAR EN COLOMBIA

Wiendenfeld dice:

Los reguladores de crecimiento de las plantas típicamente afectan la caña de azúcar inhibiendo el desarrollo del punto primario de crecimiento. Esta propiedad

¹⁹ GEORGE, B. Pongola transplan scheme for seed cana. The South African Sugar Journal V 74 no 5, 1990, 142 p.

²⁰ MTSHALI, S. Transplants Ensure Good Quality Cane. The South African Sugar Journal. By the editor. 1995. p31-34.

puede tener varios beneficios en el cultivo, incluyendo estimular la producción de vástagos en los nudos inferiores al momento de la siembra para obtener una mayor población de tallos, retardar la floración en el punto primario de crecimiento, lo cuál reduce la calidad del jugo, y estimular la acumulación de azúcar en el tallo cuando el crecimiento cesa (maduración). Se han realizado estudios con diferentes materiales, métodos de aplicación y variedades de caña en las condiciones subtropicales del sur de Texas. Los resultados obtenidos han sido variables dependiendo del cultivar, el método y dosis de aplicación.²¹

Una serie de reguladores de crecimiento de las plantas o “**RCPes**”, han sido usados en la caña de azúcar para una variedad de propósitos. El **glifosato** es el material más ampliamente utilizado en el hemisferio norte, el **Ethrel** y el **fusilade** son los más frecuentes utilizados en el hemisferio sur. Un reciente reporte indica que algunas regiones del mundo utilizan extensivamente a los maduradores como reguladores del crecimiento en las plantas.²²

Los reguladores de crecimiento ocasionan un estímulo en la germinación. Probablemente, si el crecimiento en el punto ápical es detenido, entonces la dominancia ápical se rompe y los capullos en los nódulos inferiores del tallo son liberados, pudiendo estos entonces desarrollarse como nuevos tallos cuando son plantados. Las primeras investigaciones se orientaron hacia la evaluación de productos como **Roundup** y **Ethrel**.²³

Nickell y Takahashi, dicen: “los reguladores de crecimiento pueden afectar la maduración, ya sea mediante la inhibición del crecimiento sin afectar la fotosíntesis o

²¹ WIENDENFELD, B. Uso de reguladores de crecimiento para estimular la germinación y la maduración, y controlar la floración de la caña de azúcar en el sur de texas. En: Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar. Producción de Cosecha y Mecanización, Miami, 9-11 September, 1998. Memorias. Miami, Inter-American Sugar cane Seminars, 1998, p.490-494.

²² Ibid., p.493.

²³ Ibid., p.494.

actuando sobre las enzimas que catalizan la acumulación de sacarosa”²⁴.

Arcila Arias. J, nos presenta la siguiente definición: ‘Un madurante o regulador químico es un compuesto orgánico que, aplicado en pequeñas cantidades, inhibe, fomenta o modifica de alguna forma, procesos fisiológicos de la planta” ²⁵.

Basados en estudios realizados, Villegas, F. y Arcila, J. dicen:

El mecanismo de acción del madurador se manifiesta a través del ingrediente activo que penetra en el follaje y se desplaza junto con los productos de la fotosíntesis tanto en el xilema (apoplasto) como en el floema (simplasto), para acumularse en los meristemos, principalmente en las yemas terminales o tercio superior del tallo. Los síntomas externos en la planta aparecen lentamente, y entre una y dos semanas después de la aplicación se observa un leve amarillamiento del follaje que progresa hasta estabilizarse en la quinta o sexta semana. En este periodo se produce un hinchamiento de las yemas en los nudos de la parte superior del tallo.²⁶

Villegas, F. y Torres, J. Mencionan:

Desde 1976 se han venido realizando en Colombia ensayos con madurantes químicos en caña. A partir de 1981, el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña) inició una serie de ensayos a nivel semicomercial y de microparcels en varios ingenios, en condiciones distintas y con variedades diferentes. En los primeros se evaluó el efecto del **Etephon** (**Ethrel**) y el **glifosato (Roundup)** sobre la calidad de los jugos, aplicados en

²⁴ NICKELL, L.G.; TAKAHASHI, D.T. Sugar Cane ripeners in Hawaii. Honolulu, Hawaiian Sugar Planter's Association, 1974, p.76-84.

²⁵ ARCILA ARIAS, J. Maduración química de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en: El cultivo de la caña de azúcar. Memorias del curso dictado en TECNICAÑA. Cali, 1996, p.323-347.

²⁶ VILLEGAS, F. Y ARCILA, J. Maduradores en Caña de Azúcar. Cali, CENICAÑA, 2003, 65 p. (Serie técnica, no. 32).

varias dosis y en épocas diferentes. Los resultados de este estudio fueron satisfactorios, y a partir de 1983 el Ingenio Risaralda adoptó esta tecnología como una labor de cultivo.²⁷

Como dice Villegas y Arcila²⁸, los trabajos de investigación realizados por Cenicaña y la continua observación del comportamiento de las variedades de caña en aplicaciones comerciales de maduradores, en los ingenios han permitido clasificar algunas de ellas de acuerdo con la susceptibilidad o resistencia del madurador. Así, por ejemplo, la variedad CC 85-92 es muy susceptible, lo que indica que con dosis bajas del producto es posible alcanzar incrementos en su contenido de sacarosa al momento de la cosecha. Las variedades CC 84-75 y MZC 74-275 presentan una susceptibilidad moderada mientras que las variedades V 71-51 y CC 85-68 son moderadamente resistentes.

²⁷ VILLEGAS F. Y TORRES, J. El madurante y la producción. Cali, CENICAÑA, 1993, 4 p. (Serie Divulgativa, no. 02).

²⁸ VILLEGAS, F. Y ARCILA, J. Op. Cit., p.18-22

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 LOCALIZACIÓN

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, CENICAÑA, localizado en el Municipio de Florida, departamento del Valle del Cauca, su situación geográfica es de 3° 23' N de latitud norte y 76° 19' W de longitud occidental, ubicado a 1.000 m.s.n.m., temperatura promedio de 23.5 °C, precipitación promedio anual de 1.160 mm y humedad relativa del 77%.

4.2 MATERIALES

Para cumplir con los objetivos expuestos se trabajó con tres variedades de caña de azúcar que tienen diferentes capacidades de germinación; así, CC 84-75 de buena germinación, CC 85-68 de germinación tardía y regular y CC 85-92 que presenta germinación moderada.

Reguladores fisiológicos (**Fusilade**, **Roundup** y **Ethrel**), equipo manual de aspersión, fungicida (**Vitavax** 300, dosis 5 gramos / litro), cama de pregerminación, ceniza de pregerminación, mezcla tierra-cachaza, 9 bandejas (semilleros) de germinación de yemas, máquina extractora de yemas, terraza de plántulas (1 m²), máquina trasplantadora de plántulas (**Whitefield SC-96**), tractor, fertilizante foliar (**Tottal**), insumos agrícolas, fertilizante (Urea 46%).

4.3 MÉTODOS

Se procedió a cortar semilla para obtener 180 yemas de cada variedad utilizando la máquina extractora de yemas. Las yemas se colocaron a pregerminar en ceniza y luego se trasplantaron en bandejas plásticas de una dimensión de 35.5 cm de largo,

22 cm de ancho y 9 cm de alto y una capacidad de 67 celdas por bandeja, utilizando un substrato compuesto de tierra y cachaza en proporciones de 1: 1. A los 60 días después de la siembra las plántulas se trasplantaron al campo utilizando la máquina trasplantadora.

La siembra se hizo en parcelas individuales de un surco sencillo de 5 m de largo. La distancia entre surcos es de 1,50 m y una distancia de 0,80 m entre plantas. El número total de parcelas fue de 60.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con dos repeticiones. El número de tratamientos es de 30, tres variedades a las cuales se les aplicó 10 tratamientos. Los tratamientos aplicados fueron: 1- A los ocho meses de edad del cultivo se cortaron las yemas que se encuentran en los primeros 10 cm por debajo de la yema terminal del tallo que comprende aproximadamente el punto natural de quiebre, luego se sembraron. Cada cinco días se repitió el método hasta llegar a la parte inferior del tallo y utilizarlo en su totalidad.

2- A los ocho meses de edad del cultivo se hizo descogolle manual aproximadamente a 10 cm debajo de la yema terminal del tallo, localizada en el punto natural de quiebre. A los 10 días después se extrajeron las yemas totales y se sembraron.

3- Similar al anterior pero 10 días después de haber hecho el descogolle se cortaron cinco yemas por debajo del primer corte, se sembraron y se continuo con el mismo proceso hasta terminar las yemas totales de los tallos.

4- A los ocho meses de edad del cultivo se aplicó **Fusilade** en una concentración de 0,5 litros/hectárea empleando el método de aspersión. A los 10 días después se extrajeron las yemas totales y se sembraron.

5- A los ocho meses de edad del cultivo se aplicó **Fusilade** en una concentración de

0,8 litros/hectárea empleando el método de aspersión. A los 10 días después se extrajeron las yemas totales y se sembraron.

6- A los ocho meses de edad del cultivo se aplicó **Roundup** en una concentración de 0,4 litros/hectárea empleando el método de aspersión. A los 10 días después se extrajeron las yemas totales y se sembraron.

7- A los ocho meses de edad del cultivo se aplicó **Roundup** en una concentración de 0,6 litros/hectárea empleando el método de aspersión. A los 10 días después se extrajeron las yemas totales y se sembraron.

8- A los ocho meses de edad del cultivo se aplicó **Ethrel** en una concentración de 1.0 litros/hectárea empleando el método de aspersión. A los 10 días después se extrajeron las yemas totales y se sembraron.

9- A los ocho meses de edad del cultivo se aplicó **Ethrel** en una concentración de 1,5 litros/hectárea empleando el método de aspersión. A los 10 días después se extrajeron las yemas totales y se sembraron.

10- Tratamiento testigo. A los ocho meses de edad del cultivo se cortaron las yemas en forma convencional, se procedió a la siembra de ellas. Los tallos se dividieron en tres tercios y se llevó especial cuidado de registrar la germinación de las yemas de cada tercio. Posteriormente se procedió a evaluar cada tratamiento comparándolo con el testigo y así definir cual es el método más adecuado. Para la evaluación se tomó 10 tallos al azar por parcela en cada tratamiento.

4.4 DURACION DEL EXPERIMENTO

El experimento tuvo una duración de 11 meses y se realizó en tres partes: La primera parte tuvo una duración de tres meses y correspondió a la obtención de las plántulas de las tres variedades, iniciada el 15 de Abril de 1996, etapa que culminó al momento

de trasplante de las plántulas al campo. La segunda etapa correspondió al trasplante de las plántulas al campo en forma mecánica y se efectuó el 15 de Julio de 1996. La tercera etapa correspondió a la ejecución de cada tratamiento a los ocho meses de edad del cultivo el 17 de Marzo de 1997.

4.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los datos fueron analizados siguiendo la metodología de análisis de agrupamiento. Con esta metodología se puede ver grupos de tratamientos que se parecen entre sí y lo más importante es que se forman grupos que difieren en sus promedios. El método seguido fue el de varianza mínima de Ward.

4.6 MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

El cultivo se manejó con las prácticas recomendadas por el programa de Agronomía de Cenicaña, la adecuación y preparación del suelo, las distancias de siembra, el material vegetativo para la siembra, la densidad de siembra, el sistema de siembra y las labores culturales como riego, control de malezas, resiembra, fertilización y aporque.

En la adecuación del suelo se trabajó en un lote experimental apropiado para este fin con una pendiente de 3 y 5 mil, para facilitar el riego por gravedad y evacuar fácilmente el exceso de agua. La preparación del suelo se realizó con un pase de rastrillo en dirección del surco y otro transversal al surco; se efectuaron dos pases de arado bajo los mismos criterios de la rastrillada. El lote se niveló y posteriormente se surcó a 1.5 m de distancia entre surcos.

El material para la siembra correspondió a las plántulas que permanecieron en vivero durante 2.5 meses. En lo que se refiere a la densidad de siembra, se empleó una distancia de 0.80 m entre plántulas y 1.50 m entre surcos. El sistema de siembra

utilizado fue el mecánico utilizando la máquina trasplantadora marca **Whitefield** modelo **SC-96** colocando las plántulas en el fondo del surco.

Las labores culturales como el riego previa construcción de acequias, se hizo mediante el método del balance hídrico y se aplicó riego por gravedad con sifones de dos pulgadas; se suministró tres riegos de prendimiento y cuatro de sostenimiento del cultivo con una lámina de agua de 60 mm.

En cuanto a la fertilización, el suelo del lote 10 de la Estación experimental San Antonio (EESA), de CENICAÑA, es del orden Mollisol Guadualito. Se fertilizó con base en el resultado del análisis de suelo recomendado por Quintero, R. y se aplicó 30 kilogramos de Potasio por hectárea al momento de la siembra y 60 kilogramos de Nitrógeno por hectárea a los 45 días después de la siembra. El cultivo fue aporcado mediante un pase de cultivador a los 3.5 meses de edad del cultivo.

Respecto al control de malezas, Gómez ²⁹, dice: “Para el control de las malezas en los cultivos de caña de azúcar se debe aplicar control químico con **Ametrina**, dosis dos litros por hectárea , 2,4-D (**Amina**), dosis tres litros por hectárea ; **Karmex** un kilogramo y **Agral** 0.75 kilogramos por hectárea respectivamente.

²⁹ GOMEZ P, J. Labores de cultivo en la caña de azúcar. Control de malezas. En : El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, CENICAÑA, p152.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los promedios de germinación de los 30 tratamientos se pueden ver en el cuadro 1. Se observa que el mayor valor se obtuvo con la variedad CC 84-75 con un valor del 93.2%, el más bajo correspondió a un tratamiento con la variedad CC 85-68 con tan solo el 9.1%. Este comportamiento es el que se observa comercialmente, por ejemplo para la siembra de la variedad CC 84-75 se puede utilizar una mayor distancia de bandereo sin afectar la producción comercialmente. Para la multiplicación por yemas, esta variedad presenta grandes ventajas debido a que con poca semilla se puede llegar a sembrar una gran área. Contrario a este comportamiento esta el de la variedad CC 85-68 que muestra una baja tasa de multiplicación y comercialmente es necesario resembrar las plantaciones en donde la germinación es baja.

Para ver cuales grupos de tratamientos son similares o superiores a otros se escogió como método de análisis el de agrupamiento y la varianza mínima de Ward. La conformación de cuatro grupos a partir de los 30 tratamientos explico el 94.4% de la variación existente ($R^2= 0.944$).

En el cuadro 2 se puede observar la conformación de los cuatro grupos y los tratamientos correspondientes a cada uno de ellos. En el grupo 1 se encuentran los tratamientos con mayor porcentaje de germinación con valores superiores al 80% que son valores ideales para una mayor eficiencia en el proceso de multiplicación por yemas. En este grupo se encuentra el tratamiento (10) testigo de la variedad CC 84-75 reafirmando el buen desempeño de esta variedad en la germinación de sus yemas. En este grupo 1 se encuentran los tratamientos 1, 8 y 9, de la variedad CC 85-68, con lo cual se concluye que se puede mejorar la germinación de esta variedad a niveles tan buenos como el que naturalmente se consigue con la variedad CC 84-75.

En las variedades CC 84-75, CC 85-68 y CC 85-92, a los ocho meses de edad del cultivo con la aplicación de **Ethrel** en una concentración de 1.0 o 1.5 litros por hectárea empleando el método de aspersión y la extracción de las yemas totales 10 días después se obtuvieron mejores resultados de germinación que con el método convencional. En las tres variedades anteriores a los ocho meses de edad del cultivo cortando y sembrando las yemas que se encuentran en los primeros 10 cm por debajo de la yema terminal del tallo y cada 5 días repitiendo el proceso hasta llegar a la parte inferior del tallo se obtuvieron mejores resultados de germinación que con el método convencional.

En la variedades CC 84-75 y CC 85-92 también se obtuvieron mejores resultados de germinación, cuando a los ocho meses de edad del cultivo se hizo descogolle manual aproximadamente a 10 cm debajo de la yema terminal del tallo, localizada en el punto natural de quiebre y 10 días después de extraídas las yemas totales se sembraron. En el segundo grupo se encuentran los testigos de las variedades CC 85-92 y CC 85-68 (tratamiento 10), reafirmando que son inferiores en germinación con respecto a la variedad CC 84-75, En la variedad CC 85-68 a los ocho meses de edad del cultivo y luego de haberse hecho el descogolle manual aproximadamente a 10 cm debajo de la yema terminal del tallo, localizada en el punto natural de quiebre y 10 días después de extraídas las yemas totales y su posterior siembra, podemos ver que se superó al tratamiento testigo (10).

Finalmente en el cuarto grupo, con los menores valores quedaron los tratamientos 5, 6 y 7 que incluyen la variedad CC 84-75, observamos que en los tratamientos 5 y 7 se afectó la germinación de esta variedad, lo que indica que los productos químicos utilizados en este tratamiento ocasionan daño en las yemas.

Cuadro 1. Promedios de Germinación para los diferentes tratamientos

| Tratamiento | % Germinación |
|-------------|---------------|
| 1-CC 84-75 | 84.5 |
| 1-CC 85-68 | 80.8 |
| 1-CC 85-92 | 83.4 |
| 2-CC 84-75 | 89.7 |
| 2-CC 85-68 | 71.1 |
| 2-CC 85-92 | 90.8 |
| 3-CC 84-75 | 74.3 |
| 3-CC 85-68 | 61.2 |
| 3-CC 85-92 | 73.3 |
| 4-CC 84-75 | 61.6 |
| 4-CC 85-68 | 48.0 |
| 4-CC 85-92 | 56.5 |
| 5-CC 84-75 | 28.2 |
| 5-CC 85-68 | 47.8 |
| 5-CC 85-92 | 51.4 |
| 6-CC 84-75 | 61.5 |
| 6-CC 85-68 | 23.7 |
| 6-CC 85-92 | 60.5 |
| 7-CC 84-75 | 30.7 |
| 7-CC 85-68 | 9.1 |
| 7-CC 85-92 | 55.9 |
| 8-CC 84-75 | 93.2 |
| 8-CC 85-68 | 85.2 |
| 8-CC 85-92 | 85.7 |
| 9-CC 84-75 | 84.9 |
| 9-CC 85-68 | 89.1 |
| 9-CC 85-92 | 85.8 |
| 10-CC 84-75 | 81.7 |
| 10-CC 85-68 | 67.2 |
| 10-CC 85-92 | 76.8 |

Análisis de agrupamiento, método de varianza mínimo de Ward.

Cuadro 2. Agrupamiento de los tratamientos siguiendo la metodología de Ward

| Tratamiento | % Germinación | Cluster | Grupo |
|-------------|---------------|---------|-------|
| 1-CC 84-75 | 84.5 | 1 | 1 |
| 1-CC 85-68 | 80.8 | 1 | 1 |
| 1-CC 85-92 | 83.4 | 1 | 1 |
| 10-CC 84-75 | 81.7 | 1 | 1 |
| 2-CC 84-75 | 89.7 | 1 | 1 |
| 2-CC 85-92 | 90.8 | 1 | 1 |
| 8-CC 84-75 | 93.2 | 1 | 1 |
| 8-CC 85-68 | 85.2 | 1 | 1 |
| 8-CC 85-92 | 85.7 | 1 | 1 |
| 9-CC 84-75 | 84.9 | 1 | 1 |
| 9-CC 85-68 | 89.1 | 1 | 1 |
| 9-CC 85-92 | 85.8 | 1 | 1 |
| 3-CC 85-68 | 61.2 | 2 | 3 |
| 4-CC 84-75 | 61.6 | 2 | 3 |
| 4-CC 85-68 | 48.0 | 2 | 3 |
| 4-CC 85-92 | 56.5 | 2 | 3 |
| 5-CC 85-68 | 47.8 | 2 | 3 |
| 5-CC 85-92 | 51.4 | 2 | 3 |
| 6-CC 84-75 | 61.5 | 2 | 3 |
| 6-CC 85-92 | 60.5 | 2 | 3 |
| 7-CC 85-92 | 55.9 | 2 | 3 |
| 10-CC 85-68 | 67.2 | 3 | 2 |
| 10-CC 85-92 | 76.8 | 3 | 2 |
| 2-CC 85-68 | 71.1 | 3 | 2 |
| 3-CC 84-75 | 74.3 | 3 | 2 |
| 3-CC 85-92 | 73.3 | 3 | 2 |
| 5-CC 84-75 | 28.2 | 4 | 4 |
| 6-CC 85-68 | 23.7 | 4 | 4 |
| 7-CC 84-75 | 30.7 | 4 | 4 |
| 7-CC 85-68 | 9.1 | 4 | 4 |

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La variedad que presentó mejor porcentaje de germinación fue CC 84-75; esta variedad además de tener buena germinación en forma natural, también respondió al aumento de su potencial germinativo, a través de la utilización de prácticas químicas.
2. En la variedad CC 85-92 también se mejoró la germinación con respecto al método convencional (Testigo).
3. La variedad CC 85-68 respondió satisfactoriamente en tres tratamientos, mostrando una respuesta significativa en el porcentaje de germinación superior al 80%, teniendo en cuenta de que esta variedad en siembras convencionales su germinación se encuentra por debajo del 70%.

De acuerdo a los resultados los mejores tratamientos fueron el 1, 8 y 9 y teniendo en cuenta el impacto ambiental, el costo y el proceso para la aplicación de los productos químicos se recomienda la implementación del tratamiento 1, que consiste en prácticas culturales.

BIBLIOGRAFIA

AMAYA, A.; COCK, J.; HERNANDEZ, A. E IRVINE, E. Biología y mejoramiento genético de la caña de azúcar. Biología. En: El cultivo de caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, CENICAÑA 1995. p.39.

ARCILA ARIAS, J. Maduración química de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en: El cultivo de la caña de azúcar. Memorias del curso dictado en TECNICAÑA. Cali, 1996, p.323-347.

BUENAVENTURA, C, E. Semilleros y siembra de la caña de azúcar, Cali CENICAÑA, 1990, 10 p. (Serie técnica, no. 6).

CASSALETT, C. y LÓPEZ, P. Multiplicación acelerada de variedades de caña de azúcar en: Primer Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA), Memorias, Cali, 1984 p.45-55.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA. Cali. Informe anual de labores. Programa de variedades. Cali, CENICAÑA, 1982, 30 p.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA. Cali. Informe anual de labores. Programa de variedades. Cali, CENICAÑA, 1987, 13 p.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA. Cali. Desarrollo y manejo varietal, multiplicación varietal, Evaluación comercial de diferentes modalidades de siembra. Carta trimestral. V 17 no 4, 1996, 36 p.

GEORGE, B. Pongola transplan scheme for seed cana. The South African Sugar Journal V 74 no 5, 1990, 142 p.

GOMEZ P, J. Labores de cultivo en la caña de azúcar. Control de malezas. En : El

cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, CENICAÑA 1995. p.152.

NICKELL, L.G.; TAKAHASHI, D.T. Sugar Cane ripeness in Hawaii. Honolulu, Hawaiian Sugar Planter's Association, 1974, p. 76-84.

MTSHALI, S. Transplants Ensure Good Quality Cane. The South African Sugar Journal. By the editor. 1995. p.31-34.

QUINTERO, R. Interpretación del análisis de suelo y recomendaciones de fertilizantes para la caña de azúcar . Cali, CENICAÑA, 1993, 18 p. (Serie técnica, no. 14).

RANJEL, H.; VIVEROS, C.; AMAYA, A.; GOMEZ, L.; VICTORIA, J. Y ANGEL, J.C. Catálogo de variedades. Cali, CENICAÑA, 2003, 81P. (Serie técnica, no. 31).

TANG, H. Y CHEN, W. Citados por Amaya y colaboradores. Estudios on The Trasplanting of Sugar Cane in Taiwan. En: Proceeding XV Congress, of the International Society of Sugar Cane Technologist, 15ª. Huwei, Taiwan, 1974. v. 2 p. 756-760.

VICTORIA, J.; VIVEROS, C.; CASSALETT, C. y CALDERON, H. Establecimiento de semilleros limpios. Cali. CENICAÑA, 1997, 19 P. (Serie técnica, no. 22).

VILLEGAS, F. Y ARCILA, J. Maduradores en Caña de Azúcar. Cali, CENICAÑA, 2003, 65 P. (Serie técnica, no. 32).

VILLEGAS, F. Y TORRES, J. Evaluación de algunos productos químicos como posibles maduradores de la caña de azúcar. Cali, CENICAÑA, 1990, 24 p. (Documento de trabajo, no. 226).

VILLEGAS F. Y TORRES, J. El madurante y la producción. Cali, CENICAÑA, 1993, 4 p. (Serie Divulgativa, no. 02).

VIVEROS, C. y CALDERON, H. Labores de establecimiento del cultivo caña de azúcar siembra. En : El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, CENICAÑA, 1995, p.125

VIVEROS, C. y CASSALETT C. Trasplante mecanizado de la caña de azúcar. Nueva tecnología para afrontar la apertura económica. Cali, CENICAÑA, 1995, 10 p. (Documento de trabajo, no. 314). Presentado en IV Congreso Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos. Chinchiná, Colombia. 1995.

WIENDENFELD, B. Uso de reguladores de crecimiento para estimular la germinación y la maduración, y controlar la floración de la caña de azúcar en el sur de texas. En: Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar. Producción de Cosecha y Mecanización, Miami, 9-11 September, 1998. Memorias. Miami, Inter-American Sugar cane Seminars, 1998, p.490-494.