

Uso de Madurantes

Fernando Villegas T. y Jorge Arcila A.*

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 (Arcila, 1990). En caña de azúcar, estos compuestos actúan como reguladores de crecimiento que favorecen la mayor concentración de sacarosa.

Los reguladores de crecimiento pueden afectar la maduración, ya sea mediante la inhibición del crecimiento sin afectar la fotosíntesis, o actuando sobre las enzimas que catalizan la acumulación de sacarosa; la maduración es un proceso cuyo resultado es un balance entre la fotosíntesis y la respiración (Nickell y Takahasi, 1972; Rugai y Notoa, 1979; Yates y Bates, 1958).

Breve Historia de los Madurantes

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. Para inducir la maduración se han ensayado el control de la humedad, la deficiencia provocada de N, y la modificación del balance de nutrientes en la planta. También se han ensayado la reducción de la actividad fotosintética, la inhibición de la respiración y el uso de defoliantes (Arcila, 1986).

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 y Yang, 1984). Los primeros ensayos con madurantes se realizaron en Hawái, 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

* Fernando Villegas es Ingeniero de Mecanización Agrícola del Programa de Agronomía de CENICAÑA. Jorge Arcila es Ingeniero Agrónomo, jefe del Departamento de Agronomía del Ingenio Central Castilla.

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 Hawaii, Mauricio, Florida, Louisiana, Puerto Rico, Brasil y Suráfrica.

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 (Clowes, 1980; Eastwood, 1976; Julien, 1977). Los incrementos en azúcar recuperable se comienzan a detectar 2 semanas después de la aplicación del Roundup, obteniéndose las respuestas más consistentes a las 6 semanas (Clowes, 1978). Por otra parte, Clowes (1980) y Mill (1980) en Suráfrica encontraron que el Polado y el Roundup produjeron efectos similares cuando se aplicaron en dosis de 1.0 y 0.67 kg/ha de ingrediente activo (i.a.) respectivamente; siendo el aumento en sacarosa entre 2.7% y 8.0%. Es importante señalar que las aplicaciones comerciales de Roundup no han mostrado efectos negativos en la producción de las socas posteriores.

Objetivos de la Maduración Química

Los objetivos básicos de un programa de maduración química son: (1) obtener la máxima recuperación posible de azúcar; (2) estabilizar el contenido de azúcar; (3) obtener una ganancia adicional en un período de tiempo corto, sin deteriorar el cultivo; y (4) reducir la duración del período vegetativo entre cosechas.

Para lograr estos objetivos es necesario sincronizar el programa de maduración química con el calendario de cosechas en cada ingenio, evaluar la respuesta de las diferentes variedades comerciales a los madurantes y escoger las épocas más adecuadas para la aplicación del producto.

Evaluación de Madurantes en Colombia

Desde 1976 se han venido realizando en Colombia ensayos con madurantes químicos en caña. A partir de 1981, el Centro de Investigación de Caña de Azúcar de Colombia (CENICANA) 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 Ethephon (Ethrel) y el glifosato (Roundup) sobre la calidad de los jugos, aplicados en 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. Posteriormente, otros ingenios la han adoptado y durante 1992 se aplicó en 62,000 ha sembradas con caña en los valles de los ríos Cauca y Risaralda (Villegas y Torres, 1993).

Las primeras investigaciones se orientaron hacia la evaluación de productos como Roundup y Ethrel. Inicialmente se buscó elevar los rendimientos de las variedades PR 12-48, PR 61-632, Co 421 y POJ 28-78, principalmente en zonas de alta precipitación o con nivel freático alto, condiciones poco favorables para la maduración. En estos estudios, los resultados obtenidos con Roundup superaron a los logrados con Ethrel. Posteriormente, las evaluaciones se hicieron con variedades de buena producción de azúcar como CP 57-603, cultivadas en condiciones naturales más adecuadas, obteniéndose también excelentes resultados. En la Figura 1 se observa la respuesta de un grupo de variedades a la aplicación de diferentes dosis de Roundup; en este caso, los incrementos en el azúcar recuperable estimado (ARE) variaron entre el 5% y el 26%.

El efecto de la aplicación de Roundup en caña de azúcar se observa a partir de la tercera semana, pero la mayor respuesta ocurre entre 6 y 8 semanas. Sin embargo, este efecto persiste hasta 12 ó 14 semanas después de la aplicación, dando un margen de tiempo suficiente para la cosecha sin que se presenten efectos negativos en el rendimiento. No obstante, se han observado algunas

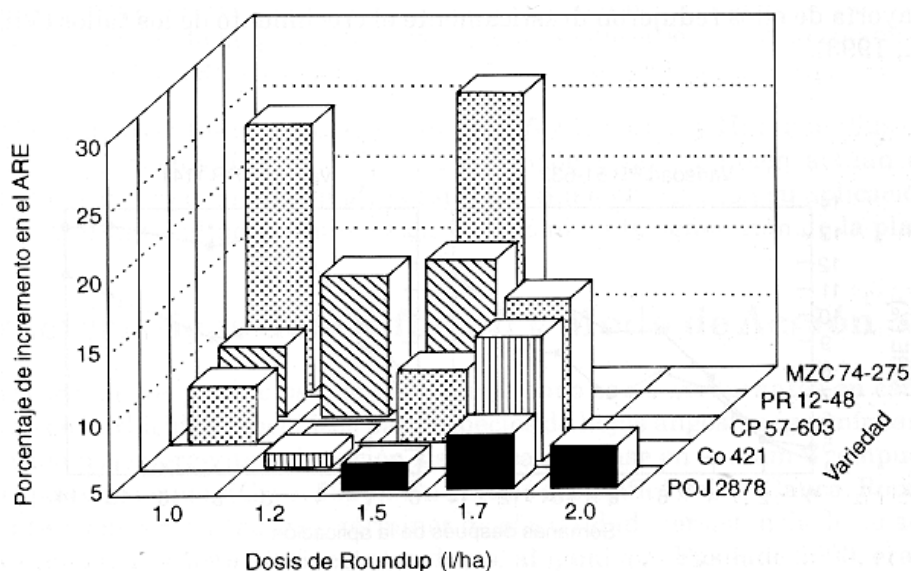


Figura 1. Porcentaje de incremento relativo en el azúcar recuperable estimado (ARE) de cuatro variedades de caña que recibieron la aplicación de diferentes dosis de Roundup, en relación con el testigo sin aplicación.

diferencias entre variedades en cuanto a la respuesta a los madurantes (Figura 2).

Cuando el Polado y el Polaris aparecieron en el mercado nacional como madurantes, se evaluaron en experimentos semicomerciales. En estos ensayos, la mejor respuesta se encontró con el primero de ellos, siendo similar a la obtenida con Roundup, cuando se aplicaron en dosis equivalentes de ingrediente activo.

Con el propósito de encontrar nuevos madurantes químicos con efectos similares o mejores a los de Roundup, y que además fueran selectivos, estabilizaran por mayor tiempo el ARE y resultaran más económicos, CENICAÑA evaluó los siguientes productos y sus dosis respectivas (en paréntesis): Galant (0.375 y 0.5 lt/ha), Fusilade (0.2, 0.4, 0.5, 0.7 y 1.0 lt/ha), Ethrel (1.0 y 2.0 lt/ha), Assure (0.8, 1.25 y 1.3 lt/ha), Furore (1.0 y 1.5 lt/ha) y RH 0898 (0.2 kg/ha); además, se incluyó Roundup (1.0, 1.3, 1.5, 2.5 lt/ha) como control. Estos productos se aplicaron a las variedades: CP 72-356 y 72-370, Mex 52-29, 64-1487, 68-200 y 68-808, MZC 74-275, PR 11-41 y 61-632 y V 71-51, cultivadas en el valle geográfico del río Cauca.

Los efectos más consistentes se encontraron con Roundup. Cuando este producto se usó en dosis entre 1.0 y 1.5 lt/ha, incrementó en forma significativa el ARE (azúcar recuperable estimado) entre 6 y 14 semanas después de la aplicación. Aunque otros productos comerciales como Fusilade (0.5, 0.7 y 1.0 lt/ha), Assure (0.8 y 1.3 lt/ha), Furore (1.0 y 1.5 lt/ha) y Galant (0.5 lt/ha) mostraron, en algunos casos, efectos madurantes en caña de azúcar iguales o superiores a los de Roundup, los resultados no fueron consistentes a través del tiempo ni su efecto fue similar en las diferentes variedades. En forma adicional, la mayoría de ellos redujeron drásticamente el crecimiento de los tallos (Villegas et al., 1990).

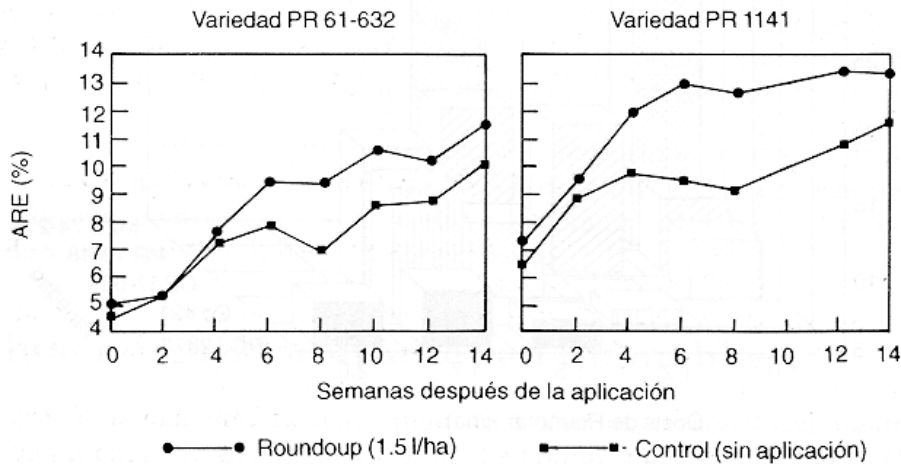


Figura 2. Respuesta de las variedades de caña PR 61-632 y 1141 a la aplicación de Roundup (1.5 lt/ha) a los 10 meses de edad, bajo condiciones similares de suelo y clima.

Uso de Madurantes

Entre 1991 y 1993, CENICAÑA evaluó 12 productos nuevos —siete madurantes, un desecante, dos defoliantes y dos antiderivantes—. Los madurantes y las dosis aplicadas (en paréntesis) fueron: Bualta (5.0, 7.5, 10.0 y 15.0 lt/ha), Fervinal (1.0 y 1.5 lt/ha), Ansar (1.0 y 1.5 lt/ha), Moddus 250 ME (0.8, 1.5, 1.6, 2.0 y 2.4 lt/ha), Furore (0.7 y 1.0 lt/ha), Faena 320 (2.6 lt/ha), Select 2EC (0.7 y 1.0 lt/ha), y la mezcla Roundup más Bualta (1.0 + 1.5 lt/ha). Estos productos se compararon con Roundup (1.0, 1.3 y 1.5 lt/ha) y Fusilade (0.7 y 1.0 lt/ha). Además, en una de las pruebas se incluyó un control sin madurante para comparar los incrementos en el ARE (% caña) alcanzados con los diferentes productos.

Entre estos productos, Moddus 250 ME (1.6 lt/ha) y Select (1.0 lt/ha) selectivos para cultivos de hoja ancha, produjeron incrementos significativos en el ARE, en comparación con el control y, en algunos casos, dieron resultados similares o ligeramente superiores a los obtenidos con Roundup y Fusilade 2000 (Villegas, 1992).

De otra parte, se encontró que Fusilade 2000 fue el producto que más restringió el crecimiento de los tallos, mientras que Moddus y Select tuvieron un mayor efecto sobre los tallos que Roundup; pero se debe tener en cuenta que este efecto depende no sólo del producto y su dosificación, sino también de las condiciones de cultivo desde la aplicación del producto hasta la cosecha.

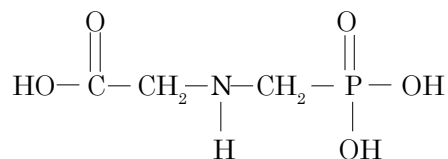
Como desecante se evaluó Basta (1.0 y 2.0 lt/ha), un herbicida de contacto no selectivo. Este producto causó necrosis y posteriormente secamiento de las hojas sólo en los sitios de aplicación, sin que se translocara por los tejidos de la planta. En forma adicional, el efecto «sombrija» que las hojas superiores tienen sobre las inferiores, evitó que estas últimas recibieran el producto y por consiguiente no mejoró la práctica de la quema, a la vez que no se observó un efecto colateral en el incremento del ARE (% caña).

Como defoliantes se evaluaron Dropp (0.5 y 1.0 lt/ha) y Harvade Plus (1.0 y 2.0 lt/ha), productos que se utilizan en algodón y que también actúan como reguladores del crecimiento en otras especies. Sin embargo, con su aplicación no se encontraron resultados positivos en el ARE ni en la defoliación de la planta.

Características del Glifosato y Modo de Acción

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 (Cruz, 1990). 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; por esta razón se presentan a continuación algunas características importantes del primero de ellos.

La molécula de glifosato N (fosfonometil) glicina, el ingrediente activo de Roundup, está relacionada con la glicina, el aminoácido esencial más simple que existe, siendo su fórmula estructural la siguiente:



Mecanismo de acción

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 meristemos, 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 coríasmico 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.

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.

Solubilidad

Es altamente soluble en agua (20,000 mg/kg de agua). Las soluciones preparadas son, por consiguiente, estables y permanecen uniformes por largo tiempo después de su preparación.

Volatilidad

No es volátil y no produce vapores que puedan afectar plantas próximas. Sin embargo, puede ocurrir dispersión de gotas finas por el viento, especialmente

cuando se utilizan boquillas de baja descarga y presiones altas. Para evitar lo anterior, se recomienda hacer las aplicaciones aéreas en las primeras horas del día, de acuerdo con las recomendaciones vigentes del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Toxicidad

En los países que utilizan cuatro categorías de toxicidad para los productos químicos, el Roundup se clasifica en la cuarta, que corresponde al grupo de pesticidas menos tóxicos.

Dosis de Madurantes y Volúmenes de Mezcla en Aplicaciones Comerciales

En general la dosis se expresa como cantidad de producto químico por unidad de superficie (lt/ha ó 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 fitotóxicos aplicados por hectárea. 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.

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.

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.

Factores que Afectan la Respuesta de la Planta al Madurante

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 (Arcila, 1986; Villegas, 1992; Villegas y Buenaventura, 1990).

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 (Figura 3).

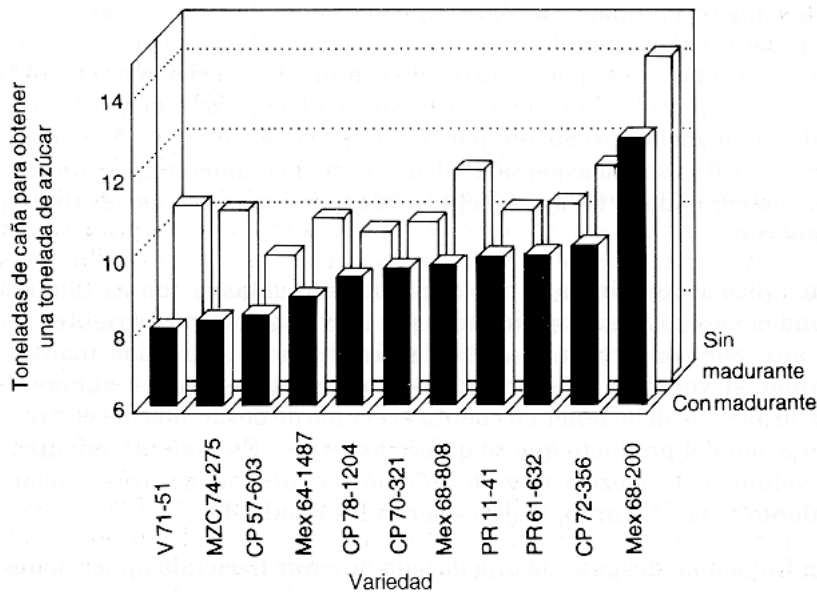


Figura 3. Toneladas de caña de diferentes variedades tratadas con madurante que es necesario moler para obtener una tonelada de azúcar.
FUENTE: Arcila, 1990.

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.

Edad de la planta

La recuperación de sacarosa después de la aplicación del madurante depende de 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 (Arcila, 1986). Por ejemplo, en la variedad MZC 74-275 el madurante se puede aplicar entre 10 y 11 meses de edad, o sea, 2 meses antes de la cosecha.

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 (Arcila, 1986; Villegas, 1992; Villegas y Buenaventura, 1990).

Precipitación

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 (Villegas, 1992).

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.

Equipos para la Aplicación de Madurantes

La principal función de un equipo de aspersión es dividir un líquido en gotas de tamaño efectivo y distribuir las uniformemente sobre la superficie o espacio que se desea cubrir. Los equipos más utilizados consisten en aspersores “Micronairs” de boquillas o de atomizadores rotatorios adaptados a aeronaves de uso agrícola. Los más comunes en Colombia son: Piper Pawnee 235, Piper Pawnee 260, Piper Bravo, Cessna Ag. Wagon, Cessna Ag. Truck, Gruman Ag. Cat, Helicóptero Bell 47 y Helicóptero Bell 47 Soloy.

Para una aspersión efectiva y homogénea es importante la calibración precisa del equipo, con el objeto de asegurar el flujo adecuado durante la aplicación convencional. Para la calibración se puede utilizar el agua, ya que ésta es el medio de dilución utilizado con madurantes.

Cálculo del flujo

El flujo depende del volumen de la mezcla, la velocidad de la aeronave, la altura de vuelo respecto al follaje y del ancho efectivo de la franja de aplicación, que se pueden expresar con la ecuación siguiente:

$$F = \frac{D \cdot A \cdot V}{K} ;$$

donde :

F = flujo total requerido en litros/minuto, o galones/minuto;

D = volumen total a aplicar, en litros/ha o galones/ha;

A = ancho de la franja cubierta en cada pasada, en metros;

V = velocidad de vuelo, en km/hora o millas por hora;

K = valor de conversión. K = 373 si V está en millas/hora, y 600 si V está en km/hora.

Para calcular el flujo por boquilla o por micronair se divide el flujo total por el número de boquillas o de unidades (micronair) que tiene el equipo de la aeronave. Es importante tener en cuenta que sólo las aeronaves con bombas hidráulicas o electroimpulsadas se pueden calibrar en tierra, mientras que aquéllas con bombas impulsadas por el aire (bomba mecánica) se deben calibrar durante el vuelo.

En el Cuadro 1 se presentan los rendimientos de algunas aeronaves utilizadas para aplicaciones aéreas, y en los Cuadros 2 y 3 se observan los flujos de las boquillas de cono hueco y de micronair AU 5000, respectivamente.

Cuadro 1. **Area que cubre una aeronave (avión o helicóptero) en un minuto en aspersiones agrícolas, según su velocidad y el ancho de la franja de pasada.**

Velocidad de aplicación		Area cubierta (ha/minuto)						
Millas/h	Km/h	14	16	18	20	22	24	26
		Ancho de la franja (m)						
50	80.5	1.87	2.15	2.41	2.68	2.95	3.22	3.49
55	88.5	2.06	2.36	2.65	2.95	3.24	3.54	3.83
60	96.6	2.25	2.57	2.90	3.22	3.54	3.86	4.18
65	104.6	2.44	2.79	3.14	3.49	3.83	4.18	4.53
70	112.7	2.63	3.00	3.38	3.75	4.13	4.50	4.88
75	120.7	2.82	3.22	3.62	4.02	4.42	4.83	5.23
80	128.7	3.00	3.43	3.86	4.29	4.72	5.15	5.58
85	136.8	3.19	3.65	4.10	4.56	5.01	5.47	5.92
90	144.8	3.38	3.86	4.34	4.83	5.31	5.79	6.27
95	152.9	3.57	4.08	4.58	5.09	5.60	6.11	6.62
100	160.9	3.75	4.29	4.83	5.36	5.89	6.43	6.97
105	169.0	3.94	4.50	5.07	5.63	6.19	6.76	7.32
110	177.0	4.13	4.72	5.31	5.90	6.49	7.08	7.67
115	185.1	4.32	4.93	5.55	6.17	6.78	7.40	8.02
120	193.1	4.50	5.15	5.79	6.43	7.08	7.72	8.36

Cuadro 2. **Flujo de boquillas de cono hueco, utilizadas en la aplicación aérea de productos químicos.**

Boquilla Presión (psi) ^a	Flujo de cada boquilla (lt/min)			
	20	30	40	50
D 3-25	0.53	0.64	0.72	0.79
D 4-25	0.80	0.95	1.10	1.32
D 4-45	0.95	1.17	1.36	1.50
D 4-56	1.48	1.82	2.08	2.32
D 6-25	1.36	1.48	1.67	2.04
D 6-45	1.55	1.89	2.20	2.47
D 6-56	2.95	3.60	4.16	4.64
D 8-45	2.23	2.73	3.18	3.57
D 8-56	-	6.02	6.96	7.74
D 10-45	2.91	3.56	4.16	4.64
D 10-56	-	8.14	9.39	10.44
D 12-45	3.60	4.43	5.15	5.76

a. Presión de trabajo en el disco-rotor.

Cuadro 3. Flujo del “micronair” AU 5000 ó AU 5000-2, utilizados para la aplicación aérea de productos químicos.

Presión (psi) ^a	Flujo de cada unidad (l/min)		
	20	30	40
1	0.29	0.56	0.68
2	0.45	0.59	0.80
3	0.77	0.95	1.18
4	1.25	1.90	2.31
5	1.88	2.55	3.10
6	2.23	3.68	4.56
7	2.56	3.88	4.77
8	3.11	4.03	4.97
9	3.90	5.50	6.86
10	4.17	5.76	6.92
11	6.46	8.25	10.45
12	7.53	9.26	11.86
13	8.70	11.16	14.80
14	9.40	14.97	19.12

a. Presión de trabajo.

Calibración

Con una correcta calibración se logra la aplicación uniforme de la dosis de agroquímicos en el área a tratar. Si las boquillas y el equipo están en buen estado, la calibración se puede hacer de la forma siguiente:

1. Se estaciona la aeronave en una plataforma y se marca la posición de las ruedas o de los patines.
2. Se depositan 50 galones de agua en el tanque de la aeronave (avión o helicóptero).
3. Se adiciona un colorante (azul de metileno).
4. Se miden y demarcan 500 m sobre la pista o en un lote conocido.
5. Se coloca una cinta —similar a las que se utilizan en las máquinas sumadoras— atravesada sobre la zona anterior.
6. La aeronave decola y realiza la aspersión a la presión recomendada sobre la franja de 500 m.
7. Cuando la aeronave aterriza, se estaciona sobre las señales hechas previamente en el sitio de decolaje.
8. Se mide el volumen de agua remanente en el tanque y por diferencia se obtiene el volumen aplicado.

Uso de Madurantes

9. Se mide el ancho de cubrimiento del producto asperjado sobre la cinta.
10. Con estos datos es posible calcular el volumen real de la mezcla aplicado en el ancho de pasada con el fin de hacer el bandereo correcto en el lote.

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.

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.

Se sugiere escoger en forma previa los sitios de aprovisionamiento de la aeronave, procurando que el agua utilizada sea de buena calidad. Durante la aplicación se debe utilizar un sistema de señalización confiable que le permita al piloto diferenciar las franjas que ya recibieron el producto de las que aún no lo han recibido.

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).

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 (GEYGY, s.f.).

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 o lalas, 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.

Efectos de los Madurantes en la Producción

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. 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:

1. 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.
2. 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 (Villegas y Torres, 1991).
3. 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 y Torres, 1993).

Uso de Madurantes

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%.

En el Cuadro 4 se presentan los rendimientos para cada uno de los seis primeros entrenudos, contados a partir del punto natural de quiebre, en muestras de plantas de suertes comerciales. Si los datos en el Cuadro antes mencionado se relacionan con los costos en el ejemplo anterior, se observa que en el cultivo sin aplicación de madurante sería necesario descogollar dejando como residuo cinco entrenudos adheridos al cogollo verdadero, equivalentes a 17 t de caña, ya que esa

Cuadro 4. Diferencias en el rendimiento de los entrenudos de la parte superior del tallo en cañas con y sin aplicación de madurante. El número de los entrenudos se cuenta a partir del punto natural de quiebre.

Entrenudo (no.)	Con madurante			Sin madurante		
	Rend. (%)		TCH acumulado	Rend. (%)		TCH acumulado
	A	B		C	D ^a	
		****b				
1	2.41	7.88	2.18	-0.81	-1.11	2.04
2	1.61	9.43	6.25	-1.53	-1.05	5.28

3	5.70	9.36	11.61	-0.66	-0.66	9.24
4	8.11	11.51	18.42	0.36	2.65	13.20
5	10.38	12.56	25.03	3.43	5.07	16.93
					****	****
6	11.35	12.38	32.37	6.82	7.82	20.63

a. Suertes:	A = Casa de teja 9,	B = Convenio 6,	C = Navarro 6,	D = El Talego 4
Variedad:	MZC 74-275	MZC 74-275	MZC 74-275	MZC 74-275
Corte no.:	2	2	2	2
Edad (meses):	10.69	12.07	11.35	10.69
TCH:	122	101	129	84

b. Indica el sitio por donde se debió cortar la parte superior del tallo al momento de la cosecha.

FUENTE: Ingenio Mayagüez (n.p.)

porción del tallo presenta un rendimiento inferior a 5.6%. Si la respuesta al madurante es buena, las plantas se pueden descogollar a la altura del punto natural de quiebre, y, en este caso, no se presentarán residuos. Cuando la respuesta al madurante no es muy buena, es posible dejar dos entrenudos adheridos al cogollo, lo que equivaldría a 6 t de caña en el campo. Lo anterior significaría que con el madurante se aprovecharían entre 10 y 17 t más que cuando no se aplica éste. Los resultados indican que la producción adicional debida a la aplicación del producto compensa y supera la reducción en el tonelaje, debida a la disminución en el crecimiento de los tallos por efecto de la aplicación de aquél (Villegas, 1992; Villegas y Torres, 1993).

Con base en lo anterior se puede afirmar que la aplicación del madurante es un buen negocio, no sólo para el ingenio que puede recuperar una mayor cantidad de azúcar, sino también para el proveedor que puede aprovechar un mayor tonelaje y para el cortero que puede descogollar más alto. Sin embargo, no es fácil poner en práctica el concepto de altura de corte, ya que no es posible generalizar sobre el punto en el cual se debe descogollar la caña que ha recibido o no madurante, debido a que en ambos casos el rendimiento de los últimos entrenudos varía dependiendo de muchas condiciones como variedad, edad, clima y respuesta al producto. Por lo anterior se sugiere que en las muestras de precosecha, que normalmente se toman en los ingenios, además del rendimiento total del tallo, se determine también el rendimiento de los últimos entrenudos de los tallos y, posteriormente, con base en los resultados se genere la información necesaria para que los corteros descogollen la planta en el punto adecuado, sin afectar su rendimiento. Esta es una labor en la cual el Departamento de Control de Calidad de cada ingenio puede prestar su valiosa contribución.

Con frecuencia se afirma que en cultivos que han recibido madurante, el cortero descogolla más alto, y es posible que así suceda, pero puede ocurrir que aún se este desaprovechando caña, como se pudo comprobar al observar los resultados de la evaluación de un corte comercial en donde había franjas con y sin aplicación de madurante. En este caso se encontró que el cogollo rechazado por el cortero en caña que había recibido el producto fue más corto (76 cm) que el cogollo rechazado cuando aquella no lo había recibido (88 cm); sin embargo, cuando en estos residuos se separaron los cogollos verdaderos y la caña adherida, se encontró que en ambos tipos — caña con y sin madurante— se dejaban cantidades casi iguales de caña en el campo. En las plantas que habían recibido la aplicación de madurante se dejaban, en promedio, 4.5 entrenudos con una longitud de 44 cm, y en aquellas que no recibían madurante se dejaban 3.7 entrenudos con una longitud de 48 cm.

Lo anterior demuestra que, muchas veces cuando se aplica el producto, parte de la ganancia se deja en el campo y, en otros casos, en los que no se aplica, se envían a la fábrica porciones de tallo que no justifican económicamente su molienda; por lo tanto, la altura de corte al momento de la cosecha debe demandar de los técnicos e investigadores la máxima atención posible.

Beneficios Económicos del Uso de Madurantes

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.

Los costos de aplicación están representados por el valor del producto, el costo del vuelo de la aeronave, la mano de obra y otros costos adicionales que se incluyen en el Cuadro 5. Los incrementos periódicos de estos costos, las diferentes respuestas de las variedades al madurante y las variaciones en el precio del azúcar, hacen difícil determinar la rentabilidad exacta de esta práctica. Sin embargo, se puede asegurar que el incremento de 1 kg de azúcar por tonelada de caña molida es suficiente para pagar la inversión (Cuadros 5 y 6).

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).

Cuadro 5. Costos/ha de la aplicación de madurantes en caña de azúcar, en términos de kg de azúcar.

Concepto	Cantidad/ha	Costo ^a /ha (kg de azúcar)
Vuelo de la aeronave	1.0 ha	26.7
Glifosato	1.2 lt	40.2
Adherente	0.1 lt	1.9
Mano de obra (bandereo)	1.2 jornales	3.0
Transporte de personal	0.09 horas-campero	1.0
Caña-brava	10 unid.	0.6
Transporte tanque con agua	0.08 horas-tractor	0.8
Supervisión	0.01 jornal	0.3
Subtotal		74.5
Administración (10%)		7.5
Total		82.0 ^b

a. Con base en la aplicación comercial de madurante en 100 ha.

b. Con base en los resultados, se puede decir que la inversión se paga con una producción de caña de 120 t/ha y una recuperación 0.69 kg de azúcar adicional por cada tonelada de caña molida, debido al madurante.

Cuadro 6. **Beneficio económico del uso de madurantes, de acuerdo con la variedad de caña.**

Variedad de caña	Sin madurante		Con madurante		Incremento en azúcar de caña (kg)	Beneficio ^a neto (kg de azúcar/ha)	Relación ^b Beneficio/costo	Recuperación ^c adicional requerida kg de azúcar/t de caña
	TCH	Rend. real (%)	TCH	Rend. real (%)				
CP 57-603	107.1	10.47	109.7	12.25	17.8	1848	23	0.76
POJ- 2878	105.5	9.57	100.9	10.58	10.1	960	12	0.79
PR 61-632	139.0	9.81	144.2	10.57	7.6	994	12	0.58
MZC 74-275	112.5	10.58	140.8	11.04	4.6	501	6	0.65

a, b, c. = Calculados con base en la producción de caña, promedio de las dos condiciones (sin y con madurante) y tomando como costo de aplicación el equivalente a 82 kg de azúcar/ha.

b. = Representa el número de veces que el beneficio cubre los costos de aplicación.

c. = Cantidad de azúcar adicional en kg, que deben recuperarse gracias al madurante por cada tonelada de caña molida, para pagar la inversión.

En forma adicional a los beneficios económicos, con la aplicación de madurantes es posible aumentar la productividad por unidad de área, con lo cual se puede reducir el área que sería necesario sembrar y, las toneladas que sería necesario cortar, alzar, transportar y moler para producir el azúcar adicional que se logra mediante la aplicación del producto.

En conclusión, la aplicación de madurante en caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca es una práctica económicamente atractiva; la cual se puede hacer aún más rentable, si se manejan las dosis y volúmenes adecuados en las aplicaciones, si se pone en práctica el concepto de la altura óptima de corte y si se logra un mayor conocimiento sobre los aspectos que afectan la respuesta del cultivo a su aplicación.

Referencias

- Arcila, A. J. 1986. Maduración química de la caña de azúcar. En: Buenaventura, C. (ed.). El cultivo de la caña de azúcar. Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA). Memorias del curso dictado en Cali, julio 28 a agosto 1 de 1986. p. 323-347.
- _____. 1990. Análisis técnico y económico de la maduración química de la caña en el Ingenio Risaralda S.A. En: Asociación Colombiana de Productores y Proveedores de Caña de Azúcar (PROCAÑA). Memorias. Cali, Colombia. 18 p.
- Azzi, G. M.; Alves, A. S.; y Kumar, A. 1978. Chemical ripener studies with polaris in sugarcane in Northeast Brazil. En: International Society Sugar Cane Technologist (ISSCT). 16. São Paulo, Brasil. Proceedings. São Paulo, p. 1653-1670.
- Buenaventura, C. E. y Yang, S. J. 1984. Evaluación del glifosato y Ethephon como madurantes químicos en el Valle del Cauca. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA). 1. Cali, Colombia. 1984. Memorias. p. 380-400.
- CENICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia). 1992. Servicio de análisis económico y estadístico. En: Informe anual de labores 1991. Cali. 64 p.
- Chacravarti, A. S.; Srivastava, D. P.; y Khanna, I. L. 1956. Application of phytohormone to sugarcane. En: International Society Sugar Cane Technologist (ISSCT). 9. Nueva Delhy, 1956. Proceedings. New Delhy. p. 355-364.
- CIBA-GEIGY. s.f. Correcta aplicación aérea de pesticidas. División Agrícola, Folleto de divulgación. 43 p.
- Clowes, M. St. J. 1978. Early and late season chemical ripening of sugar cane. En: Proc. South African Sugar Technol. Assoc. (SASTA). 52:160-165.
- _____. 1980. Ripening activity of the glyphosate salts Mon. 8.000 and Roundup. En: 17th. Congress International Society Sugar Cane Technologist. (ISSCT). Manila, Filipinas. Proceedings. Manila. vol. 1. p. 676-693.

- _____ e Inmman-Bamber, N. G. 1980. Effects of moisture regime, amount of nitrogen applied and variety on the ripening applied and variety on the ripening response of sugarcane to glyphosate. En: South African Sugar Technologist Assoc. (SASTA). Annual Congress. Proceeding. Durban. vol. 54, p. 127-133.
- Coleman, R. E.; Todd, E. H.; Stokes, I. E.; y Coleman, O. H. 1960. The effect of gibberellic acid on sugarcane. En: International Society Sugar Cane Technologist. (ISSCT). 10. Hawaii. 1959. Proceedings. Elsevier, Amsterdam. p. 588-603.
- Cruz, K. R. 1990. Características y uso de Roundup como madurante de caña de azúcar. En: Seminario de la Asociación Colombiana de Productores y Proveedores de Caña de Azúcar (PROCAÑA). 1. Cali, Colombia. Memorias. 5 p.
- Eastwood, D. 1976. Chemical ripening of sugar cane in Jamaica. En: Meeting West Indies Sugar Cane Technologist. Proceedings. Barbados. p. 143-155.
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 1990. Resolución no.0664 del 19 de junio de 1990. ICA, Regional no. 5, Cali, Colombia. 2 p. (Manuscrito.)
- Julien, R. 1977. A review of results of experiments in ripener "Polaris" in Mauritius. En: Monsanto Sugarcane Ripener Seminar. Proceedings. Río de Janeiro, Brasil. p. 147-158.
- Loustalot, A. J.; Cruzado, H. J.; y Muzik, T. J. 1950. The effect of 2,4-D on sugar content of sugarcane. Sugar J. p. 13-78.
- Mill, A. N. 1980. Result from glyphosate used as ripener at Felixton. En: Annual Congress South African Sugar Technol. Assoc. (SASTA). Proceedings. Mount Edgecombe. vol. 54. p. 134-139.
- Nickell, L. G. y Takahashi, D. T. 1972. A review of chemical ripening studies with sugarcane in Hawaii. Report Hawaiian Sugar Technol. p. 47.
- Rugai, C. A. y Notoa, J. E. 1979. Efecto de dos reguladores fisiológicos sobre la producción de la caña de azúcar variedad POJ 2878. Tesis. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira. 119 p.
- Villegas, T. F. 1992. Avances de la investigación con madurantes. En: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA). Documento de trabajo no. 240. 18 p.
- _____ y Buenaventura, O. C. 1990. Resumen de las investigaciones de CENICAÑA sobre maduradores químicos para la caña de azúcar. En: Seminario de la Asociación Colombiana de Productores y Proveedores de Caña de Azúcar (PROCAÑA). 1. Cali, Colombia. Memorias. p. 15
- _____ y Torres, A. J. 1991. Efecto del Roundup usado como madurante en la producción de caña de azúcar. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe. 2. Ciudad de México. Memorias. p. 45.
- _____ y _____ 1993. El madurante y la producción. En: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA). Serie divulgativa no. 2. 4 p.

Uso de Madurantes

- ; -----; y Yang, S. 1993. Evaluación de algunos productos químicos como maduradores de la caña de azúcar. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA). 3. Cali, Colombia. Sep. 10 - 14, 1990. Memorias. p. 437.
- Vlitos, A. J. y Lawrie, I. D. 1967. Chemical ripening of sugarcane. A review of fields studies carried out in Trinidad over a five year period. En: International Society Sugar Cane Technologist (ISSCT). 12 Congress. March 28 - April 10, 1965. San Juan, Puerto Rico. p. 429.
- Yates, R. A. y Bates, J. T. 1958. Preliminary experiments on the effects of chemical on the ripening of sugarcane. British West Indies Sugarcane Technol. Proceedings. p. 174-189.



Referencia bibliográfica

ARCILA, J.; VILLEGAS, F. Uso de madurantes. En: CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA, 1995. p.315-335.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA
DE AZÚCAR DE COLOMBIA - CENICAÑA

Estación Experimental: vía Cali-Florida, km 26

Tel: (57) (2) 6648025 - Fax: (57) (2) 6641936

Dirección postal: Calle 58 norte no. 3BN-110

Cali, Valle del Cauca-Colombia

www.cenicana.org

buzon@cenicana.org