

**Evaluación de la maduración artificial de la caña de
azúcar (*Saccharum* sp.) en suelos húmedos con dos
herbicidas a base de glifosato**

José Miguel Lemus Grijalva

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria
Diciembre, 2007

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

**Evaluación de la maduración artificial de la caña de azúcar
(*Saccharum* sp.) en suelos húmedos con dos herbicidas a base de
glifosato**

Tesis presentada como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero Agrónomo
en el grado académico de Licenciatura.

Presentado por:

José Miguel Lemus Grijalva

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2007

El autor concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

José Miguel Lemus Grijalva

Honduras
Diciembre, 2007

**Evaluación de la maduración artificial de la caña de azúcar
(*Saccharum* sp.) en suelos húmedos con dos herbicidas a base de
glifosato**

Presentado por:

José Miguel Lemus Grijalva

Aprobada

Abelino Pitty, Ph.D.
Asesor Principal

Miguel Vélez, Ph.D.
Director de la Carrera de
Ciencia y Producción Agropecuaria

Víctor Azañón, Ing. Agr.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Abelino Pitty, Ph.D.
Coordinador de Fitotecnia

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A Dios por haberme dejado cumplir una de mis metas.

A mi familia y a todas las personas que de alguna u otra forma creyeron en mí durante mi estadía de cuatro años en el Zamorano, que estuvieron allí y fueron un apoyo en mi carrera.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Ermides y Jenny, por haberme apoyado en toda mi formación académica y en mis decisiones.

A mi hermana por apoyarme en mis decisiones y estar siempre conmigo.

A mis abuelos, tíos y primos por haberme apoyado de alguna u otra forma.

Al Ing. Víctor Azañón por sus consejos y ayuda necesaria, colaborando con sus conocimientos para poder realizar el presente estudio.

Al Dr. Abelino Pitty por demostrarme que las cosas se deben de realizar correctamente, por confiar en mí y brindarme su amistad.

A los ingenieros y personal del Ingenio La Unión S.A. por brindarme su amistad y colaborar en mi formación.

A mis amigos y compañeros del colegio y del Zamorano por brindarme su amistad y por haber compartido conmigo momentos de alegría y darme ánimos para poder culminar mis estudios.

A toda clase 07 por haber compartido desde los primeros días que llegue a Zamorano.

AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES

Al Ingenio La Unión S.A. y al programa de becas Taiwán para formación humana, que sin conocerme confiaron en mí el patrocino de estudios en la Escuela Agrícola Panamericana, ayudando a completar mis metas.

RESUMEN

Lemus, J. 2007. Evaluación de la maduración artificial de la caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en suelos húmedos con dos herbicidas a base de glifosato. Proyecto especial de graduación para el programa de Ingeniería de en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras. 16 p.

El uso de herbicidas como madurantes para aumentar la producción de azúcar es una práctica usada en todos los ingenios guatemaltecos, sin embargo, los madurantes no son muy efectivos cuando el suelo tiene alta humedad durante la maduración de la caña. Se evaluó la producción de azúcar con dos madurantes (glifosatos) aplicados a dos dosis en suelo franco con alta humedad durante la maduración de la caña; hubo un testigo sin madurante. Se evaluó el efecto de los madurantes en la producción de caña. Además, se determinó el rebrote de la caña a los 15, 30 y 45 días después de la cosecha; esto se hizo visualmente dando el valor de 1 a un rebrote sin daño y 5 a la falta de rebrote de la cepa. Los madurantes Roundup® 35.6 SL (346 y 385 g/ha del ácido equivalente) y Touchdown Forte® 50 SL (240 y 274 g/ha del ácido equivalente) fueron aplicados con helicóptero. El ensayo se realizó en enero de 2007 con la variedad CP 72-2086 en parcelas de 18 × 300 m en suelos húmedos de la finca Río Azul, la Gomera, Escuintla, Guatemala. Desde los 20 días después de la aplicación, cada semana se tomaron tres muestras por unidad experimental para determinar el rendimiento potencial de azúcar, el análisis se hizo en el laboratorio de jugos del Ingenio la Unión S.A. A partir de los 27 días, semanalmente se determinó la humedad del suelo usando el método gravimétrico. Se usó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro réplicas. En todos los tratamientos, incluyendo el testigo, el contenido de azúcar aumentó hasta el día 48 después de la aplicación y disminuyó después de ese día. A los 20, 48, 55 y 62 días el rendimiento de azúcar (kg/t de caña) y el rendimiento de caña (t/ha) fue igual ($P > 0.05$) en todos los tratamientos. No existieron daños en el rebrote de la caña.

Palabras clave: Ácido equivalente, ingrediente activo, maduración natural, Roundup® 35.6 SL, Touchdown Forte® 50 SL.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Hoja de firmas.....	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Agradecimientos a patrocinadores	vi
Resumen.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de cuadros.....	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
CONCLUSIONES.....	11
RECOMENDACIONES.....	12
LITERATURA CITADA.....	13
ANEXOS.....	15

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Dosis y concentraciones de los herbicidas Roundup [®] 35.6 SL (isopropilamina) y Touchdown Forte [®] 50 SL (trimetilsulfonio) usados como madurantes en caña de azúcar.....	4
2. Ponderación dada según el daño causado por los madurantes a la cepa a los 15, 30 y 45 días después de cosecha	6
3. Beneficios netos y costos variables en dólares por hectárea de los tratamientos.....	8
4. Tasa marginal de retorno (TMR) de los madurantes.....	8

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diferencia estructural entre los dos herbicidas, el glifosato (Roundup) tiene isopropilamina (IPA) como sal del ácido y el sulfosato (Touchdown) tiene trimetilsulfonio (TMS) como sal del ácido, por lo tanto los dos tiene diferente peso molecular.....	2
2. Efecto de los herbicidas madurantes Roundup® 35.6 SL (isopropilamina) y Touchdown Forte® 50 SL (trimetilsulfonio) en el rendimiento de azúcar por tonelada de caña.....	9
3. Diferencial entre entre máximas y mínimas presentadas desde el 19 de enero al 22 de marzo del 2007.....	9
4. Porcentaje promedio de humedad en el suelo por tratamiento desde el día 15 de febrero al 22 de marzo del 2007.....	10
5. Relación entre el rendimiento estimado (kilogramos de azúcar por tonelada) y la producción de caña por hectárea.....	10

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1. Separación de medias del rendimiento potencial de azúcar (kg/t de caña) entre los tratamientos a partir de los 20 días hasta el día 62, semana antes de cosecha.....	15
2. Separación de medias del rendimiento potencial de azúcar (kg/t de caña) entre los días de cada tratamiento para determinar el día de mayor acumulación de azúcar, a partir de los 20 días hasta el día 62, semana antes de cosecha.....	15
3. Mapa del ensayo.....	16

INTRODUCCIÓN

Actualmente, Guatemala se sitúa como el quinto mayor exportador de azúcar y segundo a nivel mundial en productividad (toneladas de azúcar/ha/año), cultivándose más de 197,000 ha de caña de azúcar. Este producto agrícola se ubica como el segundo más importante para Guatemala, debido a que genera más de 60,000 empleos directos, 300,000 indirectos y 497,499 miles de dólares en ingresos de divisas, por exportación (ASAZGUA 2005).

Hay varios factores que afectan el rendimiento de la caña. Entre ellos está la maduración natural del cultivo en la cosecha. Para que exista la madurez natural en el trópico, la planta requiere un diferencial entre temperaturas máximas y mínimas mayor a 10°C (Buenaventura 2000), así como estrés hídrico. A medida que esto sucede se reduce el ritmo de crecimiento y se incrementa la concentración de sacarosa y la pureza del jugo (Saldarriaga 1996). Cuando llega a madurez fisiológica, la producción de materia verde de la caña se reduce y acumula sacarosa en las células parenquimáticas (Viloria 2003).

Este proceso sucede en dos fases: La primera cuando la planta cesa su crecimiento, se produce el engrosamiento de las paredes celulares, disminuye la humedad y se alargan los entrenudos, a la vez se observa aumento de la materia seca, acumulación de sacarosa y caída de las hojas. La segunda se refiere a la acumulación de sacarosa, que depende de la variedad (Subiros 1995), nutrición (nitrógeno), edad y condición de la cepa, fisiología, humedad de las plantas y clima (Samuels 1984).

Se consideran tres estados de maduración: (1) Botánica se considera después de la emisión de flores, (2) fisiológica, cuando los tallos logran su potencial de almacenamiento de sacarosa o punto máximo de acumulación de azúcar y (3) económica cuando está sobre la perspectiva de las prácticas agronómicas (CENICAÑA 1995).

La porción temprana de la zafra es afectada por la humedad del suelo, por los altos niveles de nitrógeno disponibles en la planta y de las altas temperaturas (IFAS 2005). En general, la mayoría de las cañas comerciales tienden a madurar y luego a sazonar 2 a 4 meses más tarde de lo que los agricultores desean (Alexander 1973).

La aplicación de maduradores de caña es una práctica común en muchas zonas cañeras (Villegas 2003). Las variedades con bajo contenido de sacarosa no pueden transformarse en variedades altas de sacarosa con solo usar madurantes químicos, la respuesta varietal puede ser diferente de un madurador a otro (Samuels 1984).

De los productos químicos utilizados como maduradores de la caña de azúcar, los más usados comercialmente son los fabricados con base de sales de glifosina y de glifosato. La glifosina y glifosato han incrementado el rendimiento de azúcar por hectárea hasta 6% y 10%, respectivamente, en ciertas variedades maduradoras (Legendre 1984). En Guatemala, del total cultivado, para la Zafra 2005-2006 se aplicaron 108,786 ha con madurante, principalmente con glifosato (CENGICANA 2006).

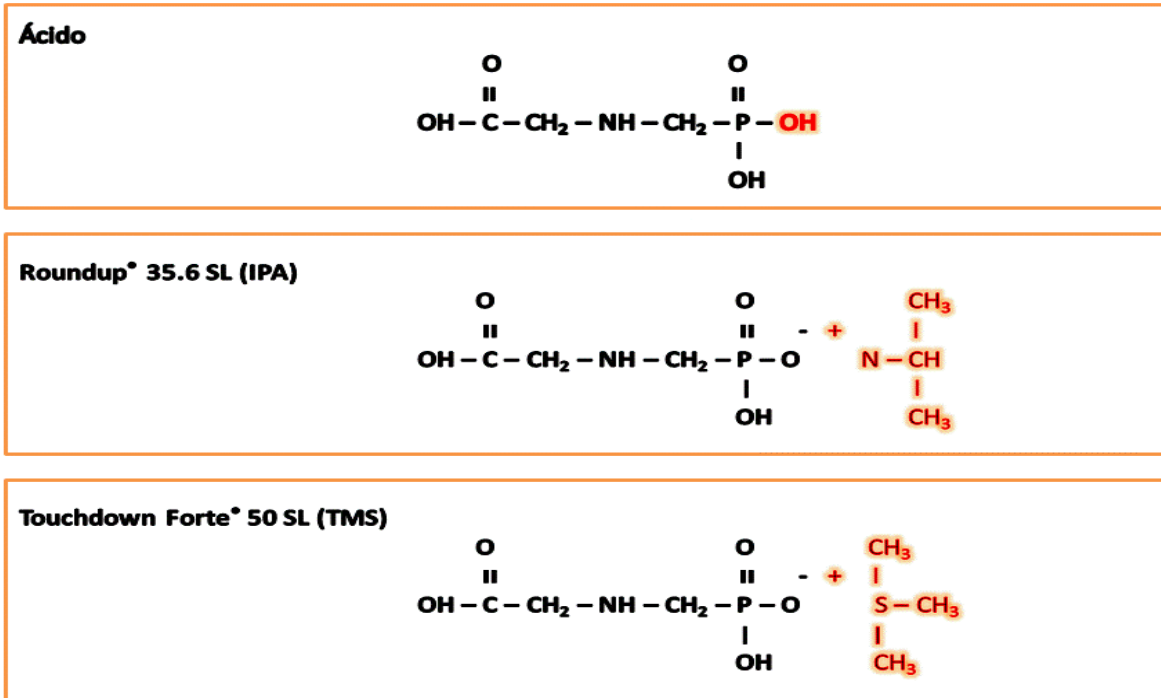


Figura 1. Diferencia estructural entre los dos herbicidas, el glifosato (Roundup) tiene isopropilamina (IPA) como sal del ácido y el sulfosato (Touchdown) tiene trimetilsulfonio (TMS) como sal del ácido, por lo tanto los dos tiene diferente peso molecular (Hartzler 2000).

El glifosato es un herbicida no selectivo, altamente sistémico de aplicación pos-emergente. Penetra a través de la cutícula atravesando las paredes y membranas celulares, para circular por el floema, junto con los productos de la fotosíntesis, acumulándose especialmente en el meristemo apical (Subiros 1995).

El glifosato inhibe la acción de las enzimas mutasa corísmica y deshidratasa prefénica, que interviene en la síntesis del ácido chiquímico precursor de los aminoácidos aromáticos (triptofano, tirosina y fenilalanina). En la caña de azúcar actúa sobre la invertasa ácida, necesaria para degradar la sacarosa, en glucosa y fructosa, las cuales son utilizadas en el crecimiento del cultivo. Afecta la elongación de los tallos, mantenimiento de la actividad fotosintética por cierto tiempo, logrando que la sacarosa no sea degradada. El efecto se concentra en el tercio superior del tallo (Buenaventura 2006).

Estudios realizados en el Ingenio La Unión S.A., demuestran que los días máximos de maduración se encuentran entre la sexta y octava semana después de aplicado el glifosato (Buenaventura 2000, Azañón 2006), de noviembre a febrero y de marzo a abril se han obtenido buenos resultados a los 36 días (Azañón 2006).

Los beneficios de los madurantes son los siguientes:

- Reduce los costos de transporte debido a la relación toneladas de caña y kilogramos de azúcar, porque se transporta menos basura en la caña y más contenido de sacarosa.
- Seca las hojas de la caña produciendo mejor quema, reduce la basura lo que favorece en la recuperación de sacarosa en la fábrica.
- Iniciar la zafra más temprano, debido a que se tiene mejor control de la maduración.
- Incrementa la sacarosa y pureza del jugo, elevando la productividad del ingenio, por la molienda de caña de mejor calidad.
- Conservar el contenido de azúcar de caña sin quemar después del corte, beneficiando a los ingenios que se atrasen en el transporte de la misma.
- Inhibe la floración, reduciendo el corcho (resequedad de los entrenudos) de la caña.
- Aumenta la eficiencia del cortador y del productor, debido a que se realiza un corte más alto en el tercio superior del tallo (cogollo) (Subiros 1995).

El Ingenio La Unión S.A. trabaja bajo el concepto de agricultura de precisión, debido a que tiene diversas condiciones agroecológicas, por lo que se hace necesario tener un paquete tecnológico para cada nicho de producción. La finca Río Azul, ubicada en el sur de Guatemala, tiene zonas con alta producción de azúcar (120 kg/t de caña) así como de baja producción (105 kg/t de caña) en los distintos periodos de cosecha, así mismo existen lotes en los cuales el suelo contiene alta humedad afectando la madurez natural al momento de la cosecha. Por lo tanto es importante poder aplicar la dosis y el producto que menos daño cause al cultivo e incremente el contenido de azúcar por tonelada, para poder aprovechar el potencial de producción de los distintos nichos de la empresa.

El objetivo general del estudio fue evaluar el efecto de dos herbicidas en la maduración de la caña de azúcar variedad CP 72-2086, aplicadas en el mes de enero y cosechadas en el mes de abril, en suelos húmedos de la finca Río Azul. Para poder sustentar el objetivo se determinó el punto óptimo de la maduración, en el cual se encuentra la mayor concentración de azúcar, se evaluó el rebrote de la caña a los 15, 30 y 45 días después de la cosecha y se evaluó el efecto de los madurantes, en la reducción de la producción caña (toneladas por hectárea).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la zona principal de explotación cañera en Guatemala, en los lotes 1.04 y 1.05, de la finca Río Azul, La Gomera, Escuintla, Guatemala, Centro América. El lugar se localiza a 14°02'N y 91°02'O, a 120 km al sureste de la capital y a una elevación de 30 msnm.

Se usó la caña de azúcar (*Saccharum* sp.) variedad CP 72-2086, cada unidad experimental tenía 12 surcos (18 m) por 300 m de largo. Cada unidad experimental estuvo espaciada a 6 surcos (9 m) entre ellas.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con cinco tratamientos (Cuadro 1) y cuatro repeticiones. Los resultados del rendimiento potencial de azúcar por tonelada de caña y la reducción de producción de toneladas de caña por hectárea se analizaron en el programa estadístico SAS[®] por medio de un análisis de varianza (ANDEVA) con la prueba de separación de medias Tukey.

Cuadro 1. Dosis y concentraciones de los herbicidas Roundup[®] 35.6 SL (isopropilamina) y Touchdown Forte[®] 50 SL (trimetilsulfonio) usados como madurantes en caña de azúcar.

Madurantes	Dosis (L/ha)	Concentración (g/ha)	
		Ingrediente Activo	Ácido Equivalente
Testigo (Sin madurante)			
Roundup [®] 35.6 SL	1.30	463	346
Roundup [®] 35.6 SL	1.45	516	385
Touchdown Forte [®] 50 SL	0.70	350	240
Touchdown Forte [®] 50 SL	0.80	400	274

Se utilizó Roundup[®] 35.6 SL¹ y Touchdown Forte[®] 50 SL² como madurantes, Bivert[®] 6 SL como coadyuvante, adherente y pesante, Agrotin[®] SL³ como surfactante, agua limpia (blanda de 90 ppm de calcio y magnesio y pH de 6.9).

¹ Roundup[®] 35.6 SL, i.a. N-(fosfometil) glicina al 35.6%. Fabricado por Monsanto S.A. de CV, Av. del Cerrillo No. 17, parque industria el Cerrillo 52000 Lerma, Estado de México.

² Touchdown Forte[®] 50 SL, i.a. N-(fosfometil) glicina al 50%. Fabricado por Syngenta Chemicals BV, Rue de Tyberchamps 37, B-7180 Suneffe, Bélgica.

³ Agrotin[®] SL, Alcoholes polivinílicos, nonilfenoles, siliconas, sustancias reguladoras de pH y polisacáridos al 7.94% Formulado por Bayer CropScience S.A. Carretera 7 No. 71-21, Torre A, Piso 19, A.A. 80004, Bogotá DC, Colombia.

El volumen de la mezcla fue de 21.5 L/ha. En todos los tratamientos se utilizaron 600 mL de Agrotin[®] por 100 litros de mezcla, además por cada litro de madurante se aplicó 0.25 L de Bivert[®] 6 SL, según recomendación dada por el fabricante. De primero se colocó agua al tanque de aplicación después la premezcla Bivert[®] 6 SL + madurante y finalmente el Agrotin[®] (Cuadro 1).

En el lugar donde se prepararon las mezclas, hubo personas encargadas de preparación de las mezclas, bombeo de agua a la nave, llenado de tanque de aplicación, combustible de la nave y del lavado del tanque de aplicación. La aplicación se hizo el 19 de enero de la zafra 2006-2007, a las siete horas, la temperatura fue de 19°C, humedad relativa de 98%, la velocidad el viento de 0 km/h, el helicóptero utilizado fue el Bell Jet 206 Ranger III, la velocidad del vuelo de 88 km/h, altura de vuelo de 3 m sobre la caña, con 46 boquillas XR Teejet[®] 8003⁴ y ancho de faja de 18 m.

El muestreo se realizó cada siete días a partir de la tercera semana después de la aplicación hasta la semana nueve. Se inició en la semana tres porque investigaciones previas realizadas por el Ingenio La Unión S.A. demuestran que no existe necesidad de tomar datos en las primeras dos semanas. Las muestras se tomaron en los surcos centrales, 6 y 7, tomándose una muestra a los 50, 100 y 150 m de la calle que pasa al sur de los lotes.

Cada muestra o paquete contenía cinco cañas cortadas en 60 cm aproximadamente, cortándose desde la base de la caña hasta el punto de quiebre natural (el último entrenudo). Se tomaron 60 muestras semanales (cinco tratamientos, cuatro repeticiones, tres muestras por unidad experimental). Los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de jugos del Ingenio La Unión, S.A. para obtener el rendimiento potencial o de campo, rendimiento con el que cuenta la caña desde el momento de ser cortada hasta llegar a la fábrica.

Se muestreo la humedad del suelo utilizando el método gravimétrico, a partir de la cuarta semana después de la aplicación. A 50 m a lo largo de la unidad experimental en los surcos centrales (6 y 7) y profundizando 30 cm con el barreno, se extrajo una muestra de suelo de cada unidad experimental de aproximadamente de 50 g y se colocó en cajuelas de aluminio. Las muestras se llevaron al laboratorio de plagas de suelo del ingenio, donde se pesó el suelo y luego se colocó en el horno a 110°C durante 24 h, posteriormente se extrajeron las muestras, se enfriaron y se pesaron de nuevo para obtener el porcentaje de humedad del suelo utilizando la siguiente fórmula.

$$\left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \right) 100 = \% \text{ de humedad}$$

⁴ XR Teejet[®] 8003, Fabricado por Spraying Systems Co.; North Ave. & Schmale Rd. PO Box 7900 Wheaton IL, 60189, Estados Unidos.

Se tuvo el apoyo del jefe de zona, del encargado de las aplicaciones y del jefe del departamento de Investigación para determinar la consecuencia del madurante en el rebrote a los 15, 30 y 45 días después de la cosecha, se realizaron observaciones, ponderando según el Cuadro 2.

Cuadro 2. Ponderación dada según el daño causado por los madurantes a la cepa a los 15, 30 y 45 días después de cosecha.

Ponderación	Descripción
5	No existió rebrote (cepa muerta)
4	Albinismo severo
3	Albinismo medio
2	Reducción del crecimiento vegetativo de la planta
1	Planta sin daño (rebrote sano)

Se cosechó a mano entre el 27 y el 30 de abril (10 semanas después de la aplicación), el levantamiento de la caña de cada unidad experimental se hizo por separado utilizando el alce mecanizado, el transporte se hizo en jaulas utilizando el sistema convencional del Ingenio La Unión S.A.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento potencial de azúcar: En el testigo, sin madurante, el contenido de azúcar aumentó desde el día 20 hasta el día 48 (Figura 2). Esto se debe a que la caña al llegar a la madurez fisiológica acumula azúcar (Viloria 2003), sin necesidad del estrés causado por los madurantes. Además, en este periodo hubo un diferencial de temperaturas máximas y mínimas (Figura 3) entre 10 y 18°C (Buenaventura 2000).

Después del día 48 se redujo el contenido de azúcar, lo que indica que la planta usó el azúcar acumulado para crecer. En todos los tratamientos con madurantes se observó la misma tendencia en la acumulación de azúcar, que con el testigo. El ensayo estaba localizado en un suelo franco con humedad promedio de 27% durante el tiempo que duró el experimento. Este fue un factor que influyó en la maduración de la caña, debido a la disponibilidad de agua la planta continuó creciendo.

Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) a los 27 días entre Touchdown Forte[®] 50 SL 0.8 L/ha y el testigo. A los 34 días hubo diferencia entre Touchdown Forte[®] 50 SL 0.8 L/ha, Roundup[®] 35.6 SL 1.30 L/ha, Roundup[®] 35.6 SL 1.45 L/ha con el testigo. A los 41 días hubo diferencia entre el testigo con Roundup[®] 35.6 SL 1.30 L/ha y Roundup[®] 35.6 SL 1.45 L/ha. A pesar de que al inicio hubo diferencia estadística en la producción de azúcar, al final los madurantes se comportaron estadísticamente iguales.

A los 20, 48, 55 y 62 días el rendimiento de azúcar fue igual ($P > 0.05$) entre todos los madurantes y con el testigo (Figura 2). El mayor rendimiento fue a los 48 días, dato que concuerda con Buenaventura (2000) y Azañón (2006) y después empezó a bajar, por lo tanto, a partir de este día se puede cosechar (Figura 2). En la mayoría de los tratamientos se observa un leve descenso en la concentración de azúcar en las semanas posteriores al día 48, debido a que el efecto de los madurantes se redujo y se reinició el crecimiento vegetativo.

Toneladas de caña por hectárea: Después de 10 semanas de la aplicación se cosechó el ensayo, no existió diferencia ($P > 0.05$) entre los tratamientos en la producción de caña. El madurante Touchdown Forte[®] 50 SL 0.7 L/ha fue el que más rendimiento reportó, esto posiblemente fue por la mayor humedad del suelo presente en las parcelas de este tratamiento (Figura 4).

La relación del rendimiento de azúcar por tonelada es inversamente proporcional a la producción de caña de azúcar por hectárea (Figura 5), fueron pocos los datos que se alejaron de la línea de tendencia central; posiblemente es por vetas de arena presentes en los lotes, por errores en la toma de muestras o por errores en el laboratorio.

Rebrote e la caña de azúcar: No se encontró daño en el rebrote de las cepas por efecto del madurante. En las aplicaciones comerciales fundamentalmente hay sobredosificación debido al traslapes y ocurren daños a las cepas y el rebrote disminuye. En este experimento no hubo traslape o sobredosificación que intoxicara a la planta, ya que las parcelas estaban separadas por 6 surcos (9 m).

Análisis Económico: No hubo diferencias entre tratamiento, por lo tanto, se podría concluir que el uso de madurantes no es útil.

El precio del azúcar en el mercado mundial en agosto de 2007 fue de \$2.09 el kilogramo y el costo de corte, alza y transporte por tonelada de caña en el ingenio de \$ 7.60 (Cuadro 3).

La mayor tasa marginal de retorno se obtuvo con Roundup® 35.6 SL 1.30 L/ha con \$22.00 por cada \$1.00 invertido (Cuadro 4). Por lo tanto es la dosis y el herbicida recomendado para esta área de la Finca Río Azul debido a que genera mayor utilidad al ingenio.

Cuadro 3. Beneficios netos y costos variables en dólares por hectárea de los tratamientos.

Tratamientos	Ingreso	CAT	Aplicación y mezcla
Testigo (Sin madurante)	4910.79	1425.03	0.00
Roundup® 35.6 SL 1.30 L/ha	5150.27	1401.98	33.69
Roundup® 35.6 SL 1.45 L/ha	5020.97	1316.12	34.84
Touchdown Forte® 0.7 L/ha	5168.53	1449.74	29.18
Touchdown Forte® 0.8 L/ha	4907.79	1295.57	31.56

§ Corte, alza y transporte (CAT)

Cuadro 4. Tasa marginal de retorno (TMR) de los madurantes.

Tratamientos	Dólares			%
	Beneficios netos	Costos variables	$\Delta\text{BN}/\Delta\text{CV}$	TMR ($\Delta\text{BN}/\Delta\text{CV}$) \times 100
Testigo (Sin madurante)	0.00	0.00	0.00	0.00
Roundup® 35.6 SL 1.30 L/ha	239.48	10.64	22.51	2251.41
Roundup® 35.6 SL 1.45 L/ha	110.18	-74.07	-1.49	-148.74
Touchdown Forte® 0.7 L/ha	257.74	53.89	4.78	478.29
Touchdown Forte® 0.8 L/ha	-3.01	-97.9	0.03	3.07

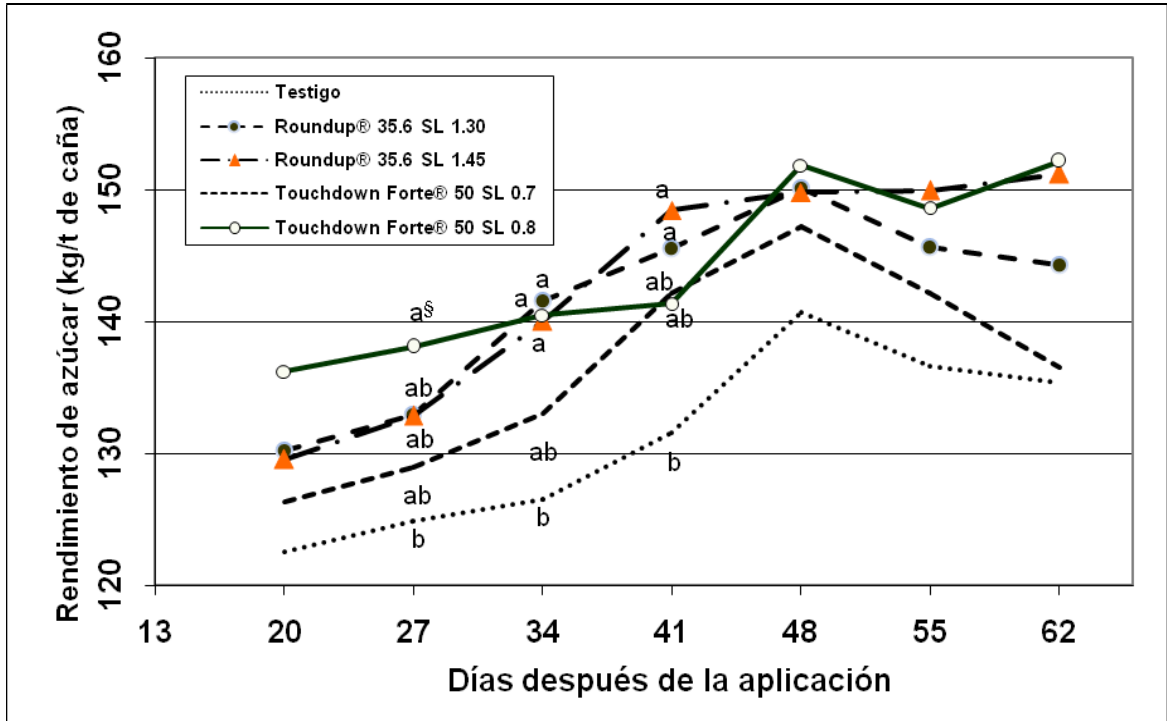


Figura 2. Efecto de los herbicidas madurantes Roundup® 35.6 SL (isopropilamina) y Touchdown Forte® 50 SL (trimetilsulfonio) en el rendimiento de azúcar por tonelada de caña. [§]Medias con la misma letra en el mismo día no son diferentes (P<0.05).

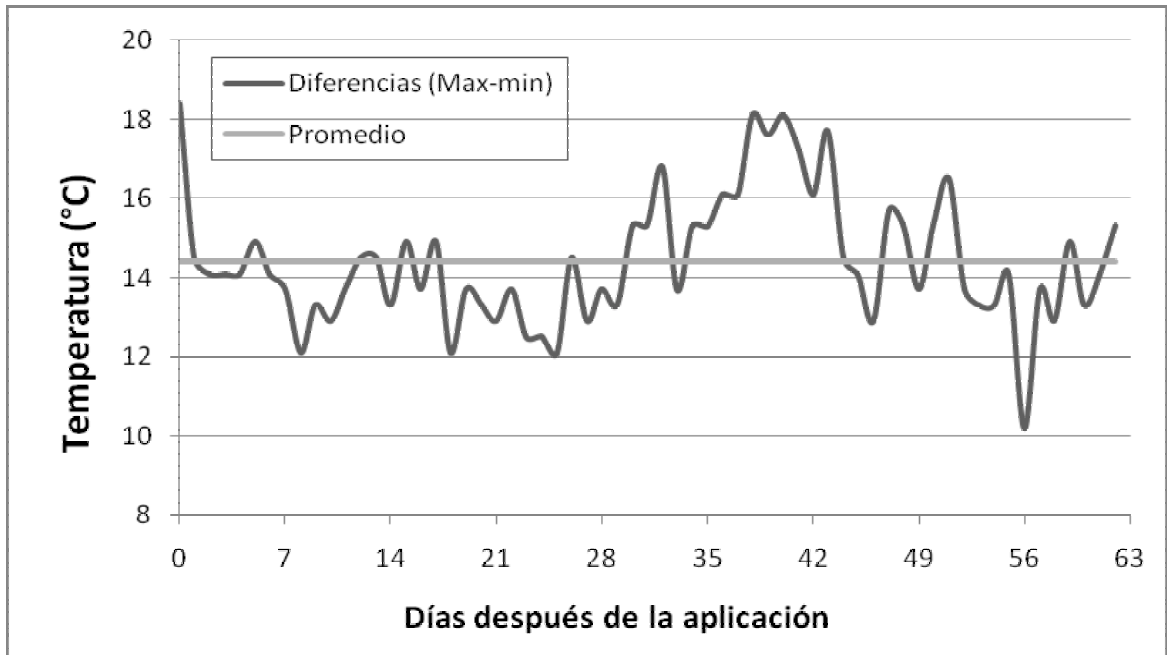


Figura 3. Diferencial entre temperaturas máximas y mínimas presentadas desde el 19 de enero al 22 de marzo del 2007.

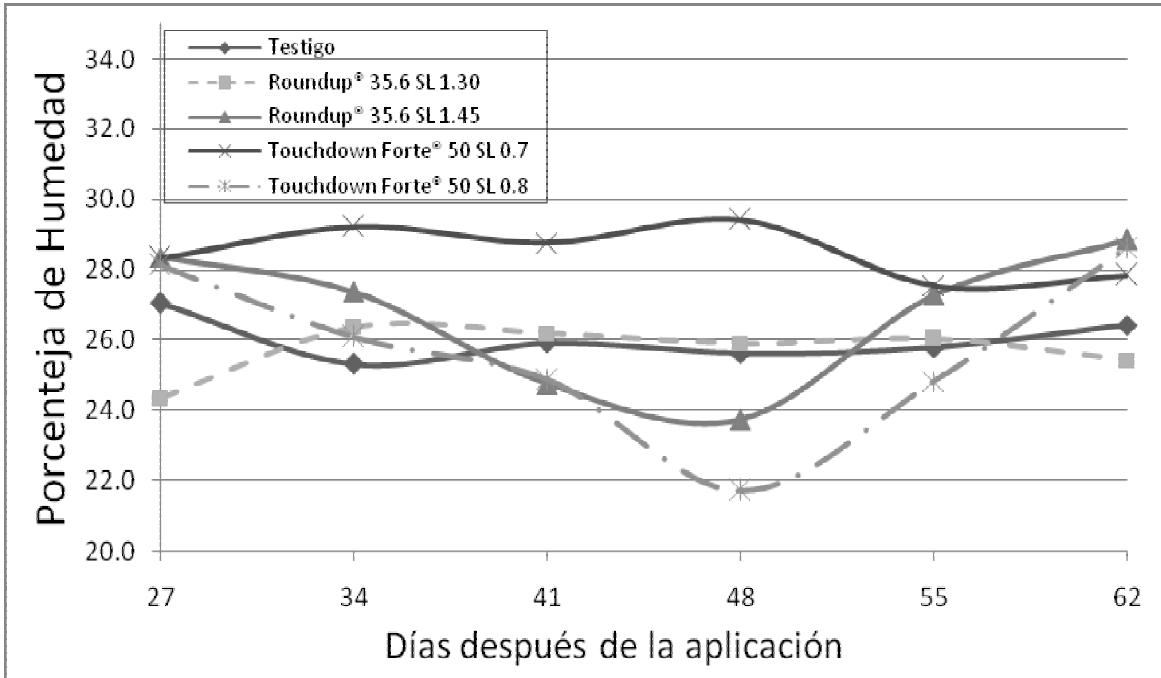


Figura 4. Porcentaje promedio de humedad en el suelo por tratamiento desde el día 15 de febrero al 22 de marzo del 2007.

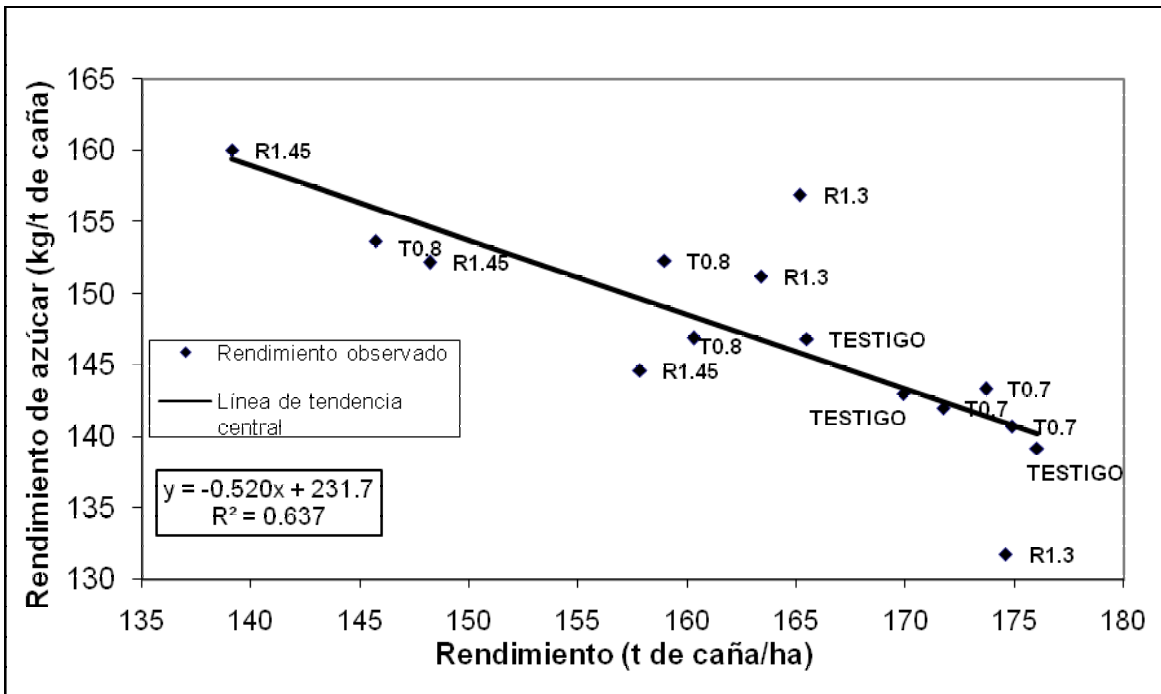


Figura 5. Relación entre el rendimiento estimado (kilogramos de azúcar por tonelada) y la producción de caña por hectárea.

CONCLUSIONES

- La aplicación de madurantes incrementa el rendimiento de azúcar hasta en 10.45 kg/t.
- A los 48 días se obtuvo la mayor concentración de azúcar en la caña, prolongándose hasta los 62 días en dos de tres de los tratamientos con madurante.
- Existió un diferencial de temperaturas día noche mayor a 10°C que favoreció la acumulación de azúcar.
- No existió diferencia en la producción de caña entre los tratamientos.
- El glifosato no causó daño al rebrote de caña a concentraciones de ácido equivalente entre 240 y 385 g/ha.
- La concentración de azúcar (kg/t de caña) es inversamente proporcional a la producción de caña.

RECOMENDACIONES

- Aplicar Roundup[®] 35.6 SL 1.30 L/ha debido a que genera el mayor retorno por dólar invertido.
- Evaluar iguales concentraciones de ácido equivalente entre los madurantes.
- Evaluar nuevos productos con dosis equivalentes.

LITERATURA CITADA

- Alexander, A. 1973. Sugarcane physiology a comprhensive study of the scacharum souce-to-sink system. Amsterdam, Holanda. 752 p.
- ASAZGUA. 2005. Informe Anual Agroindustria Azucarera de Guatemala Zafra 2004-2005. Guatemala. 45 p.
- Azañón, V. 2006. Resultados de Investigación Agrícola Zafra 2005-2006. Ingenio La Unión, S.A. Guatemala. 57 p.
- Buenaventura, C. 2000. Evaluación de la sal monoamónica de glifosato como madurante de la caña de azúcar, variedad Ragnar, en diferentes sitios y épocas de aplicación. Carta Informativa. Ecuador. Centro de investigación de la caña de azúcar del Ecuador. 2 (4): 1-7.
- Buenaventura, C. 2006. Los madurantes y su influencia en el rendimiento en caña de azúcar. (en línea). Ecuador. Asociación de técnicos azucareros de Latinoamérica y el Caribe. Consultado 15 may. 2007. Formato HTML. Disponible en <http://www.aeta.org.ec/investigacion/documents/madurantes/MADURANTES CINCA E/12.htm>
- CENGICAÑA. 2006. XI Simposio Análisis de la Zafra 2005-2006 (Diapositivas). Guatemala. 40 diapositivas.
- CENICAÑA. 1995. Cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Colombia, FERIVA. 419 p.
- Hartzler, B. 2000. Roundup vs. Touchdown. (en línea). Iowa. Iowa State University. Consultado 14 jun. 2007. Formato HTML. Disponible en <http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/qtr97-1/touchdown.htm>
- IFAS (Institute of Food and Agricultural Sciences, FL). 2005. Sugarcane Ripeners in Florida. (en línea). Florida, IFAS. Consultado 28 may. 2007. Formato HTML. Disponible en http://edis.ifas.ufl.edu/SC015#FOOTNOTE_2
- Legendre, B. 1984. Chemical Ripening to Enhance Sugar Production in Louisiana. In: Proceedings of the Inter-American Sugar Cane Seminary. p. 219 – 221.
- Saldarriaga, S. 1996. Efecto de los Maduradores Químicos Sobre los Rendimientos de Caña, Azúcar Recuperable y Calidad de la Caña de Azúcar. En: Seminarios Interamericanos de la caña de azúcar. Miami, Florida. Memorias 1996. Vol II. Versión en español. 349 p.
- Samuels, G. 1984. La madurez de la caña de azúcar, teoría y práctica. En: Seminario Interamericano de la caña de azúcar. Miami, Florida. p. 479 -485.
- Subiros, F. 1995. El cultivo de la caña de azúcar. San José, Costa Rica, EUNED. 441 p.
- Villegas, f. 2003. Maduradores de caña de azúcar, FERIVA S.A. Cali, Colombia. CENICAÑA. 66 p.

Viloria, J. 2003. Aptitud de la tierra para caña de azúcar y banano en el sistema de riego Taguaiguay. (en línea). Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Consultado 8 de jul. 2007. Formato HTML. Disponible en http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/Agronomia%20Tropical/at5302/arti/viloria_j.htm

ANEXOS

Anexo 1. Separación de medias del rendimiento potencial de azúcar (kg/t de caña) entre los tratamientos a partir de los 20 días hasta el día 62, semana antes de cosecha.

Tratamientos	Ácido equivalente (g/ha)						Días					
	20	27	34	41	48	55	62					
Testigo (Sin madurante)	123 a [§]	125 b	127 b	132 b	141 a	137 a	136 A					
Roundup [®] 35.6 SL 1.30 L/ha	346	133 ab	142 a	146 a	150 a	146 a	144 a					
Roundup [®] 35.6 SL 1.45 L/ha	385	134 ab	140 a	149 a	150 a	150 a	151 a					
Touchdown Forte [®] 50 SL 0.7 L/ha	240	129 ab	133 ab	142 ab	147 a	142 a	137 a					
Touchdown Forte [®] 50 SL 0.8 L/ha	274	138 a	141 a	142 ab	152 a	149 a	152 a					
Coefficiente de variación (%)	6.07	3.19	4.42	4.15	5.49	5.48	6.27					

[§]Medias con la misma letra en la misma columna son iguales (P>0.05).

Anexo 2. Separación de medias del rendimiento potencial de azúcar (kg/t de caña) entre los días de cada tratamiento para determinar el día de mayor acumulación de azúcar, a partir de los 20 días hasta el día 62, semana antes de cosecha.

Tratamientos	Ácido equivalente (g/ha)						Días					
	20	27	34	41	48	55	62					
Testigo (Sin madurante)	123 b [§]	125 b	127 ab	132 ab	141 a	137 ab	136 ab					
Roundup [®] 35.6 SL 1.30 L/ha	346	133 bc	142 abc	146 ab	150 a	146 ab	144 abc					
Roundup [®] 35.6 SL 1.45 L/ha	385	134 b	140 ab	149 a	150 a	150 a	151 a					
Touchdown Forte [®] 50 SL 0.7 L/ha	240	129 b	133 ab	142 ab	147 a	142 ab	137 ab					
Touchdown Forte [®] 50 SL 0.8 L/ha	274	138 b	141 b	142 b	152 a	149 a	152 a					

[§]Medias con la misma letra en la misma fila son iguales (P>0.05).

Anexo 3. Mapa del Ensayo.

