

EVALUACIÓN AGROINDUSTRIAL DE PRODUCTOS MADURANTES HERBICIDAS Y NO HERBICIDAS EN CAÑA DE AZÚCAR. PÉREZ ZELEDÓN, COSTA RICA. PROMEDIO DE 4 COSECHAS. 2018

Julio César Barrantes Mora¹
Randall Ocampo Chinchilla²
Roberto Alfaro Portuguez³
Willy Valverde Araya⁴

Palabras claves: caña de azúcar, madurantes, Región Sur.

Resumen.

La maduración de la caña de azúcar puede lograrse artificialmente mediante el uso de productos químicos que actúan como bioestimulantes. Estos son compuestos orgánicos que difieren de un nutriente, porque son pequeñas cantidades las que fomentan, inhiben o modifican de alguna forma los procesos fisiológicos de la planta. La función de un madurador, es hacer que la planta madure en menor tiempo y que permita prolongar el almacenaje de energía en los tejidos vasculares del tallo para luego ser transformada en azúcar durante el proceso de molienda. Con la finalidad de valorar la respuesta de esta práctica en la Región Sur, se estableció un ensayo de investigación en 2014; específicamente en la Finca “El Guapinol”, ubicada en el distrito de San Pedro, cantón de Pérez Zeledón, Costa Rica; utilizando un diseño fue Bloques Completos al Azar con tres repeticiones, en la variedad comercial CP 87-1248. El intervalo entre la aplicación de los madurantes y la cosecha fue de 9 semanas. Los tratamientos evaluados fueron dos fosfitos de potasio, tres fosfatos de potasio, 2 reguladores de crecimiento y el herbicida Glifosato, el resto de los tratamientos son mezclas de estos productos con el herbicida. La dosis de Glifosato corresponde fue de 10 ml por tonelada de caña estimando una cosecha de 80 toneladas de caña/ha.

En general la mejor respuesta de los tratamientos evaluados corresponde al Glifosato que en promedio de cuatro cosechas incrementó el rendimiento industrial en un 8,8 % respecto al testigo; seguido por las Mezclas de Herbicidas con Glifosato con un aumento del 4,6 %; luego los No Herbicidas con incrementos del 2,1 %; lográndose deducir que el incremento de las Mezclas va asociado en mucho a la presencia de Glifosato presente en estas. Además se logra determinar

¹/Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Coordinador Región Sur. Pérez Zeledón, Costa Rica. E-mail: jbarrantes@laica.co.cr. Teléfono (506) 27-71-3739/ (506) 24-94-7555.

²/Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Programa Agronomía. Grecia, Costa Rica. E-mail: rocampo@laica.co.cr. Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555.

³/Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Jefe Programa Agronomía. Grecia, Costa Rica. E-mail: ralfaro@laica.co.cr. Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555.

⁴/Ingeniero Agrónomo, funcionario de *CoopeAgri El General R.L.* Jefe Departamento Agrícola. Pérez Zeledón, Costa Rica. E-mail: wivalverde@coopeagri.co.cr. Teléfono (506) 27-38-2284.

que la mejor respuesta a los madurantes se da en condiciones de clima donde prevalecen precipitaciones menores a los 72 y 400 mm de lluvia en el primero y segundo mes previo a la cosecha respectivamente; arriba de esta cantidad; la respuesta se ve afectada como se logró determinar en los resultados obtenidos en la segunda y tercera cosecha. Otro elemento importante que encontrar en esta investigación es el nulo impacto del efecto residual del glifosato a la dosis evaluada sobre el rebrote en cortes siguientes para la variedad CP 87-1248; al comparar la producción de campo de los tratamientos evaluados con esta molécula y sus mezclas respecto al testigo sin aplicación.

Introducción.

En Costa Rica el sistema de pago por calidad hace de mucha importancia los contenidos de sacarosa en la materia prima que se procesa en los ingenios azucareros del país, por ello; en algunas regiones cañeras del país; la aplicación de madurantes en la caña de azúcar es una práctica tradicional y es orientada a lograr mayores rendimientos industriales del cultivo cuando imperan condiciones adversas de clima, o cuando la caña inmadura debe ser procesada por carecer de variedades de maduración temprana para iniciar zafra.

La maduración de la caña de azúcar se define como la culminación del proceso fisiológico que conlleva a la máxima acumulación de sacarosa en la planta. Se describe este proceso en dos etapas: la primera incluye el engrosamiento y cese de crecimiento de los entrenudos, acompañados por un incremento de la materia seca, y la segunda está relacionada con la acumulación de la sacarosa en los entrenudos totalmente desarrollados. Esta última etapa depende de factores nutricionales y ambientales. Varios investigadores sostienen que si el agua y el nitrógeno son abundantes, la planta no madura. Según investigaciones se ha encontrado que la absorción excesiva de potasio influye en el ciclo biológico de la planta, ocasionando el adelanto de la maduración y un aumento de sacarosa, en comparación con un cultivo que crece en condiciones normales (Dávila *et al* 1995).

La sacarosa constituye alrededor de 50% del total de la materia seca del tallo maduro de la caña de azúcar y su contenido en el tejido parenquimatoso de almacenamiento es, aproximadamente, el 20% de su peso fresco. Entre los compuestos que controlan la acumulación de sacarosa en los tejidos de almacenamiento se encuentran las invertasas. Estas son enzimas que dirigen la utilización de los azúcares durante el crecimiento y su acumulación en los tejidos de la planta. Existen dos tipos de invertasas solubles: la ácida, que tiene su máxima actividad entre pH 5,0 y 5,5; y la neutra, que es más activa a pH 7,0 (Dávila *et al* 1995).

La maduración de la caña de azúcar puede lograrse artificialmente mediante el uso de productos químicos que actúan como bioestimulantes. Estos ayudan a optimizar procesos fisiológicos, contribuyendo a mejorar la producción y la calidad de las cosechas. El bioestimulante es un compuesto orgánico que difiere de un nutriente, porque son pequeñas cantidades las que fomentan, inhiben o modifican de alguna forma los procesos fisiológicos de la planta. En términos sencillos la función de un madurador, es hacer que la planta madure en menor tiempo y que permita prolongar el almacenaje de energía en los tejidos vasculares del tallo para luego ser

transformada en azúcar durante el proceso fabril (Arcila, 1986). El mismo autor indica de la relevancia de los factores climáticos para la respuesta de la maduración inducida, siendo la Amplitud Térmica (AT), y la lluvia acumulada en los 30 días previos a la cosecha, los que modifican la respuesta de la maduración inducida. En la etapa de maduración la planta de la caña de azúcar disminuye su ritmo de crecimiento y comienza a concentrar más sacarosa en el tallo, de manera gradual hasta llega a un punto máximo a partir del cual la concentración de sacarosa empieza a decrecer (Costa *et al* 2010).

El uso de productos químicos para mejorar la calidad de los jugos de la caña se inició evaluando principalmente en aquellas zonas donde las condiciones de temperatura y precipitación no favorecen a la maduración natural. Los primeros ensayos con madurantes se iniciaron en Hawái, Cuba, India y Australia utilizando 2,4 D, Ácido Giberelico y TBA (Acido 2,3,6 Triclorobenzoico), sin que se encontraran resultados satisfactorios en el incremento de sacarosa según menciona Villegas que cita a Azzi *et al*, Chacravarti *et al*, y Coleman *et al*. Además Villegas y Arcila (1995) reportan que en Barbados evaluaron Sulfato y Nitrato de Cobre, Nitrato de Zinc, Glicerol, Etanol, Fluoruro de Sodio, 2,4, D y 2,4, 5 T sin resultados satisfactorios.

Hacia 1970 aparecieron los primeros productos que brindaron unos mejores resultados como madurantes, dentro estos los principales productos son Ethrel (Ethepon), Assulox (Assulam), Embark, Polado (Glifosina) y Round-up (Glifosato) con pruebas con éxito en lugares como Hawaii, Florida, Louisiana, Puerto Rico, Mauricio, Brasil y Sudáfrica (Villegas y Arcila 1995). Los mismos autores manifiestan que los compuestos que a nivel mundial que han mostrado las respuestas más satisfactorias son Glifosina, Sal Sódica de Glifosato, Sal isopropilamina de Glifosato y el Ethepon.

Chaves (2010) menciona que en los últimos años en el país se han producido cambios de fondo en el manejo de las plantaciones de caña que interfieren y deterioran los patrones de calidad del azúcar fabricado. Como menciona, Vargas, J. (sf), en Costa Rica, el uso comercial de madurantes empezó a finales de la década de los 80s en Guanacaste, incluyendo Azucarera El Viejo y desde entonces ha sido una práctica rutinaria en esa zona y otras que lo han incorporado a sus sistemas de producción. Desde ese entonces, se han evaluado diferentes productos, entre ellos el fluazifop-butil, cletodin, haloxifop metil, el ethepon, y el glifosato, entre otros. El glifosato es el que ha mostrado, a través de los años, mayor estabilidad en la respuesta, incluso haciendo uso de marcas genéricas.

Herrington *et al* (1978) evaluaron en el Ingenio El Palmar en Puntarenas, Costa Rica el empleo de la glifosina (N, N-bis (Phos-phonomethyl) glycina) con madurador químico y sus efectos en las labores de campo y fábrica, demostrando suficiente actividad maduradora, especialmente cuando se aplica a efecto de mejorar la calidad del jugo al principio y al final de cada zafra; En la fábrica se constató una disminución de fibra del 6,2%, un aumento en la pureza del jugo de 3,47% con lo que mejoró la recuperación de azúcar en un 3%. La sacarosa aumentó en un 19,2% y el rendimiento global de campo y fábrica aumentó en un 23,7%.

En evaluaciones del uso del glifosato como madurante en tres variedades en la Región de Quebrada Azul; Salazar et al (1993) encontraron que la mejor respuesta se dio entre la quinta y sexta semana después de la aplicación; no obstante; no tener deferencias estadísticas significativas; si se presenta un comportamiento creciente de las principales variables industriales evaluadas para las tres variedades de la investigación.

Tradicionalmente se ha utilizado el herbicida Glifosato, el cual al ser un graminicida muy eficaz, detiene el crecimiento del cultivo forzando así su madurez, sin embargo parte de la molécula de este herbicida se transloca a la cepa del cultivo, acumulándose allí ante la incapacidad de degradarla. Los daños que provoca este herbicida se traduce en pérdidas de las cepas y un menor crecimiento. Por este motivo, se han buscado nuevas alternativas de madurantes no herbicidas entre los que destacan, algunos productos foliares hechos a base de Fosfitos de Potasio, los cuales han venido dando resultados satisfactorios sobre todo en mezcla con pequeñas cantidades de Glifosato. También han aparecido en el mercado de los agroquímicos algunos productos hormonales referenciados que tienen también efecto madurante en el cultivo. Ante la presencia de muchos productos de este tipo se planteó como objetivo, evaluar diferentes productos madurantes no herbicidas respecto al herbicida Glifosato y su efecto en la producción agroindustrial de la caña de azúcar en la Región Sur de Costa Rica evaluando y determinando su eficiencia en la que se determine la dosis adecuada para aumentar el rendimiento industrial sin afectar la producción de caña y desarrollo de la siguiente ciclo productivo.

Objetivo General.

Evaluar diferentes productos madurantes no herbicidas respecto al herbicida glifosato y su efecto en la producción agroindustrial de la caña de azúcar en la Región Sur.

Los objetivos específicos son:

- Evaluar la viabilidad técnica – económica de utilizar productos madurantes en la Región.
- Medir el posible efecto negativo acumulativo sobre el rendimiento de campo (t caña /ha) causado por la utilización del glifosato como madurante en los rebrotes sucesivos de la plantación.
- Evaluar posibles alternativas de madurantes no herbicidas como sustitutos del glifosato o en su caso el uso de determinadas mezclas bajando lo dosis del mismo.

Materiales y Métodos.

El ensayo se estableció en la finca “El Guapinol”, ubicada en el distrito de San Pedro, cantón de Pérez Zeledón a una altitud de 560 msnm, una temperatura Media de 23,3°C y una precipitación media anual de 2.581 mm.

El diseño fue Bloques Completos al Azar con tres repeticiones, las parcelas fueron previamente aleatorizadas y estuvieron constituidas por 5 surcos de 8 m de largo, separados entre sí por 1,5 m. La variedad utilizada fue CP 87-1248 introducida al país en 1994 y cuyos progenitores son CP 78-1610 X CP 72-1210. El intervalo entre la aplicación de los madurantes y la cosecha fue de 9 semanas.

Los tratamientos evaluados se presentan en el Cuadro 1; correspondiendo a dos fosfitos de potasio, tres fosfatos de potasio, dos reguladores de crecimiento y el herbicida glifosato, el resto de los tratamientos son mezclas de estos productos con el herbicida. La dosis de glifosato corresponde a 10 ml por tonelada de caña estimando una cosecha de 80 toneladas de caña/ha.

Cuadro 1.

Características de los productos madurantes aplicados en esta investigación.

Producto	Características	Composición
Moddus 25 EC	Regulador del Crecimiento Cicloexadiona	Trinexapac-etil
Glifosato 35,6 SL	Herbicida de amplio espectro	C ₃ H ₈ NO ₅ P
DP 98	Fosfito de Potasio	4-37,8-17,5
Optilux 48 SL	Fitorregulador Ethephon	48% Ácido 2-cloroetil fosfónico
Potafos 45	Fertilizante foliar Quelatado (Fosfato de Potasio)	0-34-45 2% Aminoácidos 4% Azúcares invertidos (monosacáridos)
Techs Spray	Fosfato de Potasio	0,75 % Ácidos Fúlvicos 0-43,32-46,65
Cosmo Madurador	Fosfato de Potasio	0-32-43 + ADTA
Nutri Phite	Fosfito de Potasio	0-48-40
Orofós P+K	Fosfito de Potasio y de Fósforo	P ₂ O ₅ Disponible 30% K ₂ O Disponible 25%

Los madurantes se aplicaron utilizando un marco de metal que sobrepasaba la altura de los tallos de la caña en cada parcela y con una motobomba y boquillas AI 110 03 se realizó la aplicación, evitando al máximo la contaminación de las parcelas adyacentes. En la Figura 1 se presenta la estructura utilizada con éxito para la aplicación de los diferentes productos y mezclas evaluadas que se detallan en el cuadro 2.



Figura 1. Estructura utilizada y forma de aplicación de los diferentes productos madurantes en este estudio.

Cuadro 2.

Descripción y dosis de los tratamientos evaluados en la investigación.

# En Croquis	Tratamiento y dosis
1	Moddus 0,9 L/ha
2	Potafos 2 L/ha
3	Tech spray 1 L/HA + Naiad 0,5 L/ha
4	Cosmomadurador 2 kg/ha
5	Nutriphite 1,5 kg/ha
6	Optilux 1,5 L/ha
7	DP 98 3 L/ha

8	Glifosato 10 cc/t (Estimado para 80 t/ha)
9	Glifosato 5 cc /t + Moddus 0,45 L/ha
10	Glifosato 5 CC /t + Nutriphite 0,75 kg/ha
11	Orofós 3 L/ha
12	Nutriphite 0,75 kg/ha + Fusilade 0,5 L/ha
13	Testigo sin madurante
14	Glifosato 0,5 cc/t + DP 98 1,5 L/ha

Al momento de la cosecha; para cada tratamiento se tomaron tres muestras por parcela a las cuales se les realizó el respectivo análisis industrial en el laboratorio de Calidad del Ingenio El General y de ellos se obtuvo el promedio respectivo el cual se muestra en los resultados de la investigación para las variables industriales. Además el peso de campo de las parcelas se realizó en una romana electrónica con capacidad para 2 toneladas.

Figura 2. Romana electrónica utilizada para la pesada de los tratamientos del ensayo



Resultados y Discusión.

Primera Cosecha:

En el Cuadro 3 se presenta el análisis de varianza realizado a los diferentes tratamientos evaluados en este estudio, observándose para las variables pol % caña y rendimiento industrial (kg/t) se muestran diferencias significativas entre el tratamiento Glifosato y el testigo así como con el Optilux, Cosmo Madurador, Teck Spray; no así respecto a los demás productos evaluados. Para la variable de rendimiento de campo solo hay diferencias estadísticas significativas entre el Moddus y el Potafós y para la variable de rendimiento agroindustrial (t azúcar/ha) solo se marcan diferencias entre el tratamiento Glifosato+Nutriphite respecto al Nutriphite+Fusilade; Potafós, Optilux, Cosmo Madurador y Tech Spray.



Cuadro 3.

Comportamiento agroindustrial de los tratamientos evaluados en 1a. Cosecha 2015.

Tratamientos	Pol %C		Kg azúcar/t		t caña/ha		t azúcar/ha	
GLIFOSATO	20,6	a	131,3	a	73,0	ab	9,6	ab
GLIFOSATO + NUTRIPHITE	19,9	ab	129,5	ab	87,7	ab	11,3	a
GLIFOSATO + MODDUS	20,1	ab	126,0	ab	77,7	ab	9,8	ab
DP 98	19,1	ab	122,0	ab	77,3	ab	9,4	ab
GLIFOSATO + DP 98	19,3	ab	121,7	ab	79,3	ab	9,6	ab
NUTRIPHITE + FUSILADE	19,1	ab	121,6	ab	75,3	ab	9,1	b
MODDUS	18,8	ab	120,3	ab	89,7	a	10,8	ab
POTAFOS	18,8	ab	118,9	ab	70,3	b	8,3	b
NUTRIPHITE	18,9	ab	117,6	b	80,0	ab	9,4	ab
OPTILUX	18,5	b	116,8	b	76,7	ab	9,0	b
COSMOMADURADOR	18,5	b	115,9	b	76,7	ab	8,9	b
TESTIGO	18,6	b	115,6	b	80,0	ab	9,3	ab
TECH SPRAY	18,1	b	114,0	b	73,0	ab	8,4	b
CV %	1,88		12,64		18,12		2,15	

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$) según prueba de Tuckey al 5%.

En la figura 3 se muestra el efecto de los tratamientos evaluados sobre la variable de rendimiento industrial (kg azúcar/t); demostrando que hubo respuesta de la mayoría de ellos; sobresaliendo el Glifosato y la mezcla Glifosato + Nutriphite.

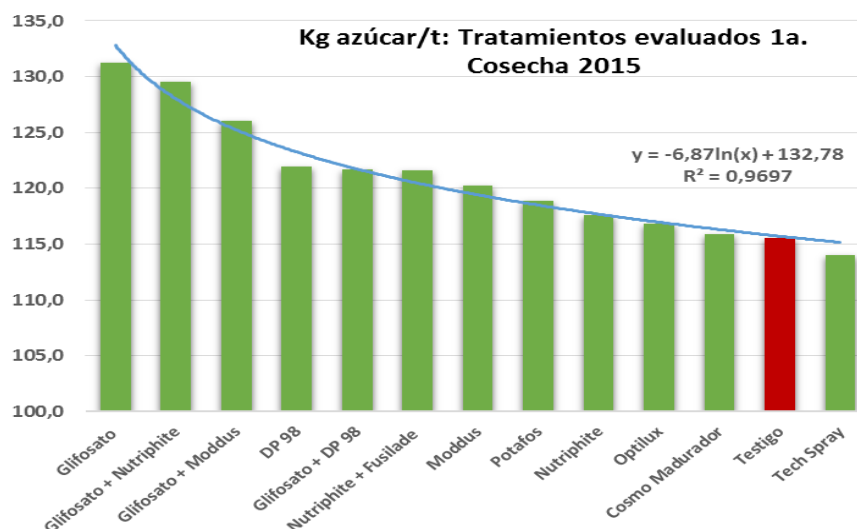


Figura 3. Comportamiento industrial (kg azúcar/t) de prueba de madurantes en la Región Sur. Primera cosecha 2015.

En el cuadro 4 se observa que el Glifosato incrementó en un 13,6% el rendimiento industrial respecto al testigo; seguido por las mezclas Glifosato + Nutriphite y Glifosato + Moddus que tuvieron un incremento en el orden de 12,1 y 9,0% respectivamente. A excepción del Tech Spray; todos los tratamientos superaron al testigo para la variable industrial con incrementos que oscilaron entre un 0,3 hasta un 13,6%.

Cuadro 4.

Comportamiento industrial (kg/t) de ensayo de madurantes. 1a. Cosecha 2015.

Tratamiento Evaluado	Rendimiento kg/t	Diferencia (kg azúcar/t)	% Incremento
Glifosato	131,3	15,7	13,6
Glifosato + Nutriphite	129,5	13,9	12,1
Glifosato + Moddus	126,0	10,4	9,0
DP 98	122,0	6,4	5,5
Glifosato + DP 98	121,7	6,1	5,3
Nutriphite + Fusilade	121,6	6,0	5,2
Moddus	120,3	4,7	4,0
Potafos	118,9	3,3	2,9
Nutriphite	117,6	2,0	1,7
Optilux	116,8	1,3	1,1
Cosmo Madurador	115,9	0,4	0,3
Testigo	115,6	0,0	0,0
Tech Spray	114,0	-1,6	-1,3



Segunda Cosecha:

Como se muestra en el cuadro 5; en esta cosecha no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos madurantes para las variables evaluadas, Pol % caña; rendimiento industrial (kg azúcar), rendimiento de campo (t/ caña) y rendimiento agroindustrial (t azúcar/ha). En la cuadro 6 se presentan las diferencias porcentuales para la variable rendimiento industrial (kg/t), donde sobresalió al igual que en la cosecha anterior el herbicida Glifosato, induciendo con un incremento sobre el Testigo de un 5,1 % (5,7 kg/t); seguidamente sobresalen el Moddus, Orofós y Cosmo Madurador con incrementos del 4,0; 3,9 y 2,9% que representan aumentos en la concentración de 4,6; 4,4 y 3,2 kg de azúcar/t respectivamente.

Cuadro 5.

Comportamiento agroindustrial de los tratamientos evaluados en 2a. Cosecha 2016

Tratamientos	Pol %C	Kg azúcar/t	t caña/ha	t azúcar/ha
GLIFOSATO	18,8	119,0	93,3	11,1
MODDUS	18,6	117,8	105,3	12,4
OROFOS	18,6	117,6	93,2	11,0
COSMO MADURADOR	18,1	116,5	96,9	11,3
GLIFOSATO + DP 98	18,2	115,8	86,4	10,0
GLIFOSATO + MODDUS	18,3	115,6	101,0	11,7
NUTRIPHITE	18,2	114,3	100,4	11,5
TESTIGO	18,0	113,2	91,1	10,3
DP 98	17,9	112,9	99,6	11,2
TECH SPRAY	17,6	112,7	102,8	11,6
GLIFOSATO + NUTRIPHITE	17,7	112,3	94,6	10,6
POTAFOS	17,6	111,9	102,1	11,4
NUTRIPHITE + FUSILADE	17,7	111,1	101,5	11,3
OPTILUX	17,0	107,4	96,0	10,3
CV %	1,9	1,9	1,9	1,9

Como se muestra en la figura 4; siete tratamientos superaron al testigo sin aplicación de madurante; sobresaliendo al igual que en la primera cosecha el Glifosato.

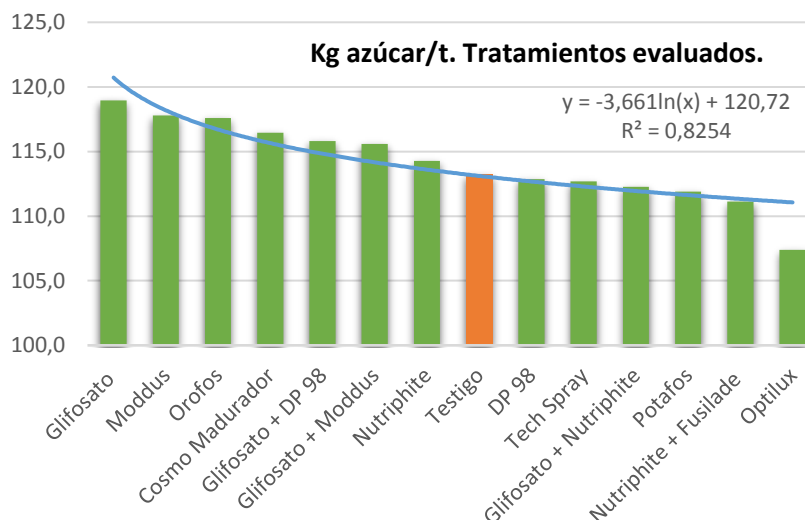


Figura 4. Comportamiento industrial (kg azúcar/t) de prueba de madurantes en la Región Sur. Segunda cosecha 2016.

Cuadro 6.

Comportamiento industrial (kg/t) de ensayo de madurantes. 2a. Cosecha 2016

Tratamiento	Rendimiento kg/t	Diferencia (kg azúcar/t)	% Incremento
Glifosato	119,0	5,7	5,1
Moddus	117,8	4,6	4,0
Orofos	117,6	4,4	3,9
Cosmo Madurador	116,5	3,2	2,9
Glifosato + DP 98	115,8	2,6	2,3
Glifosato + Moddus	115,6	2,4	2,1
Nutriphite	114,3	1,1	0,9
Testigo	113,2	0,0	0,0
DP 98	112,9	-0,3	-0,3
Tech Spray	112,7	-0,5	-0,5
Glifosato + Nutriphite	112,3	-1,0	-0,8
Potafos	111,9	-1,3	-1,2
Nutriphite + Fusilade	111,1	-2,1	-1,8
Optilux	107,4	-5,8	-5,2

Las diferencias en esta cosecha por parte de los madurantes fue inferior respecto al año anterior posiblemente por cambios en la condiciones climáticas que desfavorecieron la madurez y que fue



evidente con incrementos de precipitaciones de 66 mm de lluvia en el mes previo a la cosecha respecto al año anterior; ya que en 2015 precipitaron 33,6 mm/m y en 2016, 95,6 mm/m. Como se observa en el cuadro 6; un total de siete tratamientos superaron al testigo para la variable industrial (kg/t) pero con incrementos bajos; ya que oscilaron entre un 0,9 y 5,1%; siempre sobresaliendo el Glifosato.

Tercera Cosecha:

Como se muestra en el cuadro 7; en esta cosecha no hubo diferencias estadísticas para la variable pol % caña; pero si en la variable rendimiento industrial (kg/t) en donde el Glifosato y Moddus tuvieron diferencias con el Nutriphite no así con los demás tratamientos. En la cuadro 8 se presentan las diferencias porcentuales para la variable rendimiento industrial (kg/t), donde sobresalió el Moddus que produjo con un incremento sobre el Testigo de un 7,2 % (7,4 kg/t); seguidamente sobresalen el Orofós y Glifosato con incrementos del 7,2 y 6,2% que representan aumentos en la concentración de 7,4 y 6,4 kg de azúcar/t respectivamente. Para la variable de rendimiento de campo, solo hubo diferencias estadísticas significativas entre el Orofós con el Testigo; no así los con los demás tratamientos.

Cuadro 7.

Comportamiento agroindustrial de los tratamientos evaluados en 3a. Cosecha 2017.

Tratamientos	Pol %C	Kg azúcar/t	t caña/ha	t azúcar/ha
MODDUS	17,1	110,4	a	95,7
GLIFOSATO	17,1	109,4	a	88,3
GLIFOSATO + DP 98	17,0	108,3	ab	86,3
NUTRIPHITE + FUSILADE	16,8	107,0	ab	94,6
GLIFOSATO + MODDUS	16,7	106,3	ab	89,4
TECH SPRAY	16,9	106,1	ab	87,8
POTAFOS	16,7	105,3	ab	91,8
GLIFOSATO + NUTRIPHITE	16,4	104,7	ab	97,3
OPTILUX	16,2	104,2	ab	81,3
OROFOS	16,6	104,1	ab	100,4
COSMO MADURADOR	16,4	103,7	ab	89,6
TESTIGO	16,6	103,0	ab	77,2
DP 98	16,2	102,9	ab	86,4
NUTRIPHITE	15,2	93,6	b	84,6
CV %	2,04	14,93		21,48

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según prueba de Tuckey al 5%.

En la figura 5; se muestra como once tratamientos evaluados superaron al testigo; sobresaliendo el Moddus ; el Glifosato y el Glifosato + DP 98.

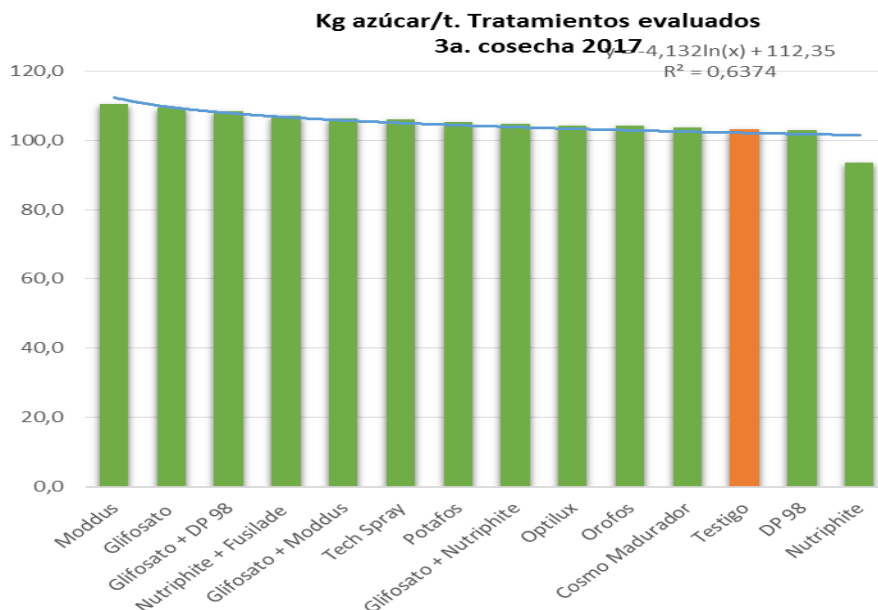


Figura 5. Comportamiento industrial (kg azúcar/t) de prueba de madurantes en la Región Sur. Tercera cosecha 2016.

Como se observa en el cuadro 8; un total de once tratamientos superaron al testigo para la variable industrial (kg/t) pero con incrementos bajos; ya que oscilaron entre un 0,7 para el Cosmo Madurador y 7,2% para el tratamiento Moddus. Es importante mencionar que por tercer año consecutivo el Glifosato mantiene un comportamiento sobresaliente al incrementar el rendimiento en 6,2%; lo que lo hace ser el producto de más consistencia en los resultados obtenidos.

Cuadro 8.

Comportamiento industrial (kg/t) de ensayo de madurantes. 3a. Cosecha 2017.

Tratamiento	Rendimiento kg/t	Diferencia (kg azúcar/t)	% Incremento
Moddus	110,4	7,4	7,2
Glifosato	109,4	6,4	6,2
Glifosato + DP 98	108,3	5,2	5,1
Nutriphite + Fusilade	107,0	3,9	3,8
Glifosato + Moddus	106,3	3,2	3,1
Tech Spray	106,1	3,1	3,0
Potafos	105,3	2,3	2,2
Glifosato + Nutriphite	104,7	1,6	1,6

Optilux	104,2	1,2	1,1
Orofos	104,1	1,1	1,0
Cosmo Madurador	103,7	0,7	0,7
Testigo	103,0	0,0	0,0
DP 98	102,9	-0,1	-0,1
Nutriphite	93,6	-9,5	-9,2

Cuarta Cosecha:

En el cuadro 9; se presentan los resultados para esta cosecha; donde se evidencia que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos madurantes para las variables evaluadas, Pol % caña; rendimiento industrial (kg azúcar), rendimiento de campo (t/ caña) y rendimiento agroindustrial (t azúcar/ha).

Cuadro 9.

Comportamiento agroindustrial de los tratamientos evaluados en 4a. Cosecha 2018.

Tratamientos	Pol %C	Kg azúcar/t	t caña/ha	t azúcar/ha
NUTRIPHITE + FUSILADE	17,3	109,9	84,7	9,3
GLIFOSATO	17,3	109,5	87,1	9,5
GLIFOSATO + DP 98	17,2	107,7	83,5	9,0
POTAFOS	16,9	107,6	83,6	9,0
DP 98	16,6	107,1	76,1	8,1
OPTILUX	16,8	106,2	87,0	9,2
GLIFOSATO + NUTRIPHITE	16,6	104,1	81,1	8,4
COSMO MADURADOR	16,5	103,3	81,3	8,4
GLIFOSATO + MODDUS	16,4	103,2	74,9	7,7
TECH SPRAY	16,2	102,3	78,4	8,0
NUTRIPHITE	16,1	101,7	86,4	8,8
OROFOS	15,9	100,3	78,6	7,9
TESTIGO	15,9	99,3	81,7	8,1
MODDUS	15,5	96,5	81,3	7,8
CV %	4,6	5,0	9,1	10,1

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según prueba de Tuckey al 5%.

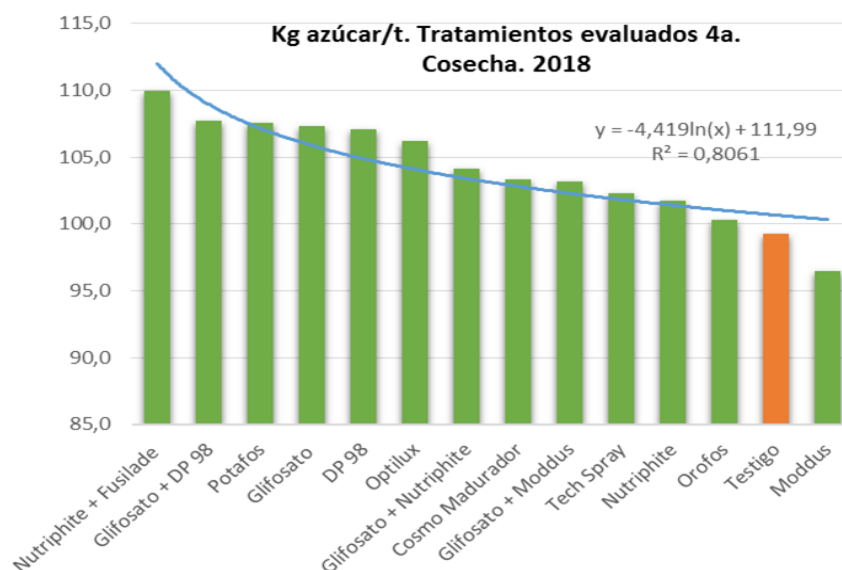


Figura 6. Comportamiento industrial (kg/t). Evaluación de madurantes en la Región Sur. Cuarta Cosecha 2018.

En la cuadro 10 se presentan las diferencias porcentuales para la variable rendimiento industrial (kg/t), donde sobresalió el tratamiento Nutriphite + Fusilade con un incremento sobre el Testigo de 10,7 % (10,7 kg/t); seguidamente sobresalen el Glifosato + DP 98; Potafós y Glifosato con incrementos del 8,5% (8,5 kg/t); 8,4% (8,3 kg/t) y 8,1% (8,1 kg/t) respectivamente. Como se observa en la figura 6; un total de 12 tratamientos superaron al testigo para la variable industrial (kg/t) con incrementos que oscilaron entre un 1,0 y 10,7%.

Cuadro 10.

Comportamiento industrial (kg/t) de ensayo de madurantes. 4a. Cosecha 2018.

Tratamiento	Rendimiento kg/t	Diferencia (kg azúcar/t)	% Incremento
Nutriphite + Fusilade	109,9	10,7	10,7
Glifosato + DP 98	107,7	8,5	8,5
Potafos	107,6	8,3	8,4
Glifosato	107,3	8,1	8,1
DP 98	107,1	7,8	7,9
Optilux	106,2	6,9	7,0
Glifosato + Nutriphite	104,1	4,9	4,9
Cosmo Madurador	103,3	4,1	4,1



Glifosato + Moddus	103,2	3,9	4,0
Tech Spray	102,3	3,1	3,1
Nutriphite	101,7	2,5	2,5
Orofos	100,3	1,0	1,0
Testigo	99,3	0,0	0,0
Moddus	96,5	-2,8	-2,8

Promedio de Cuatro Cosechas:

Al analizar el comportamiento de los tratamientos evaluados luego de cuatro cosechas (cuadro 11); se observa que el Glifosato fue el de mejor comportamiento con un incremento del 8,3 % (9 kg/t); seguido por los siguientes tratamientos: Glifosato + DP 98 (5,2%); Orofós (4,9%); Glifosato+ Moddus (4,6%); Glifosato+Nutriphite (4,5%) al comparar con el testigo sin aplicación; representando ello aumentos que oscilan entre 5,6 y 4,9 kg/t. Al realizar un análisis promedio combinando comportamiento agroindustrial; el tratamiento Glifosato ofrece una utilidad industrial de 553 kg azúcar/ha/año siendo el de mejor comportamiento; aun deduciendo el costo de la aplicación; que para la región es el equivalente a 2,5 kg azúcar/t. El Glifosato + DP 98; Orofós; Glifosato + Moddus; Glifosato + Nutriphite mostraron a su vez una utilidad industrial que osciló entre 261 y 214 kg azúcar/ha. Es de mucha relevancia indicar que la investigación permitió demostrar que el rendimiento de campo no se vio afectado por las aplicaciones de Glifosato durante estudio de cuatro años; ya que obtuvo un promedio de 85,4 t caña/ha respecto a 82,5 toneladas/ha del testigo; lo que indica que la variedad CP 87-1248 desdobra en los inicios del desarrollo fisiológico de los rebrotes los acumulados de la molécula y logra obtener un desarrollo productivo que no afecta la productividad de campo.

Cuadro 11.

Evaluación del comportamiento agroindustrial de los tratamientos evaluados en el ensayo de madurantes. Promedio 4 cortes. Pérez Zeledón. 2018

Tratamiento	Rendimiento Promedio kg/t	Diferencia (kg azúcar/t) ^{1/}	% Incremento	Kg Azúcar ganados/t ^{2/}	Rendimiento Promedio (t caña/ha)	Utilidad Industrial (kg/ha/año)
GLIFOSATO	116,7	9	8,3	6,5	85,4	553
GLIFOSATO + DP 98	113,4	5,6	5,2	3,1	83,9	260,8
OROFOS	113	5,3	4,9	2,8	90,7	249,6
GLIFOSATO + MODDUS	112,8	5	4,6	2,5	85,7	213,3
GLIFOSATO + NUTRIPHITE	112,6	4,9	4,5	2,4	90,2	213,6



NUTRIPHITE + FUSILADE	112,4	4,6	4,3	2,1	89	190,3
MODDUS	111,2	3,5	3,2	1	93	90,3
DP 98	111,2	3,4	3,2	0,9	84,9	79,9
POTAFOS	110,9	3,2	2,9	0,7	87	56,6
COSMO MADURADOR	109,9	2,1	1,9	-0,4	86,1	-36,1
TECH SPRAY	108,8	1	0,9	-1,5	85,5	-127,5
OPTILUX	108,6	0,9	0,8	-1,6	85,2	-138,5
TESTIGO	107,8	0	0	0	82,5	0
NUTRIPHITE	106,8	-1	-0,9	-3,5	87,9	-305,8

1/Diferencia respecto al testigo sin madurante

2/ Se estimado que el costo necesario para compensar la inversión de los tratamientos incluyendo mano de obra es de 2,5 kg/t; según el Ing. Willy Valverde. Gerente Agrícola de CoopeAgri.

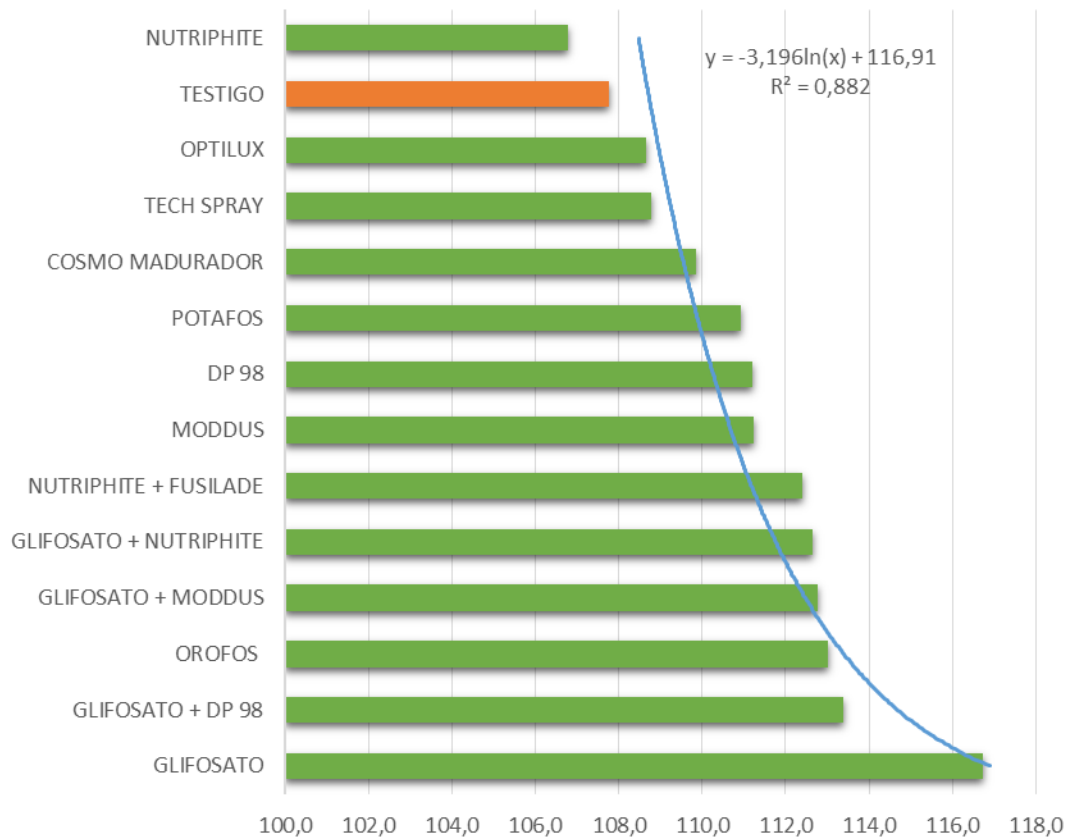


Figura 7. Comportamiento industrial (kg azúcar/t) de prueba de madurantes en la Región Sur.
 Promedio de 4 cosechas 2018

Al realizar un análisis de la investigación agrupando los tratamientos por testigo, Glifosato, No Herbicidas y Mezclas (cuadro 12); se observa como el Glifosato fue el de mejor respuesta con aumentos en el rendimiento industrial de 8,8 % respecto al testigo; seguido por las Mezclas de Herbicidas con incrementos del 4,6 %; luego los No Herbicidas con 2,1 %. Se logra deducir que el incremento de las Mezclas va muy asociado a la presencia de Glifosato presente en estas. Además se logra ver en la figura 8; que la mejor respuesta a los madurantes se da en condiciones climáticas de menos de 72 mm de lluvia en el mes previo a la cosecha; presentándose un comportamiento en el rendimiento industrial que es inversamente proporcional al incrementar las lluvias. En el cuadro 12 se demuestra que cuando éstas superan los 72 mm y 400 mm de lluvia en el primero y segundo mes previo a la cosecha se compromete negativamente el comportamiento de los madurantes.

Cuadro 12.

Rendimiento industrial (kg/t) para los tratamientos agrupados respecto a la precipitación (mm) antes de la cosecha.

Año	Testigo	Glifosato	% Incremento	No Herbicidas	% Incremento	Mezclas	% Incremento	mm lluvia/Un Mes antes ^{1/}	mm lluvia/dos Meses antes ^{1/}
2015	115,6	131,3	13,6	119,5	3,4	124,7	7,9	33,6	331,6
2016	113,2	119,0	5,1	113,9	0,6	113,7	0,4	95,6	577,6
2017	103,0	109,4	6,2	103,8	0,8	106,5	3,4	174,6	599,4
2018	99,3	109,5	10,3	103,1	3,8	106,2	6,9	72,2	403,8
Promedio	107,8	117,3	8,8	110,1	2,1	112,8	4,6		
Promedio			8,8		2,1		4,7		

1/ Estación Meteorológica El Porvenir. San Pedro, Pérez Zeledón, Costa Rica. 2015-2018

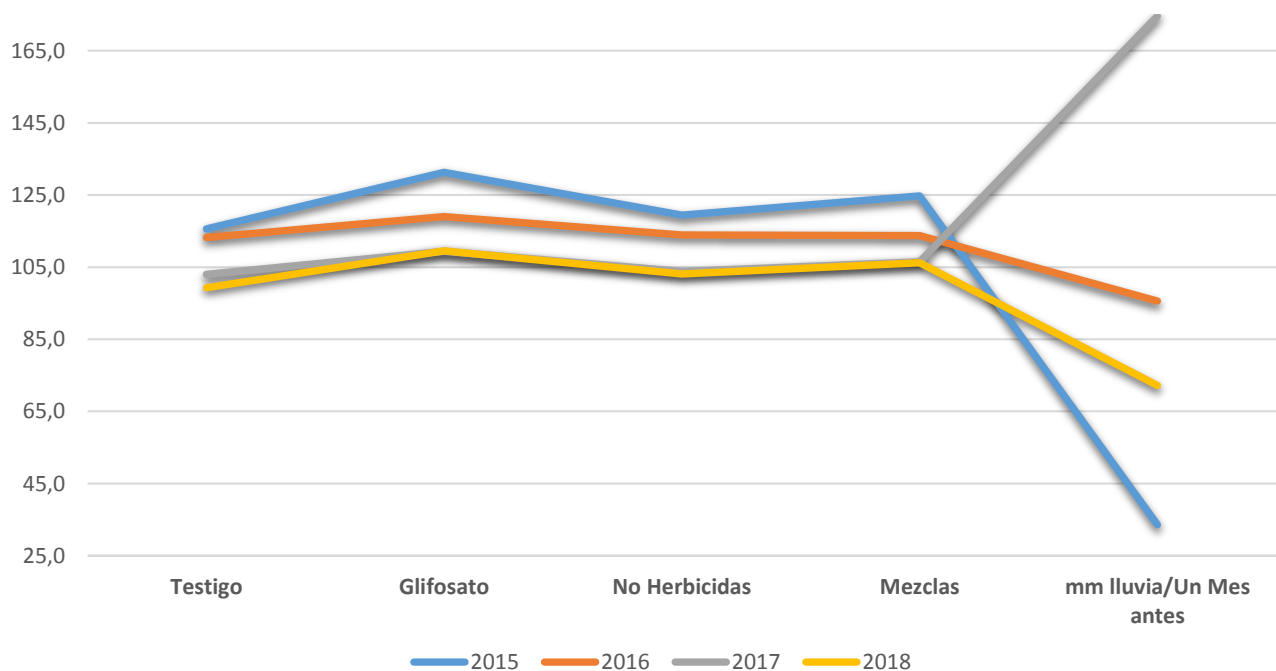


Figura 8. Comportamiento industrial (kg/t) por grupos de análisis de madurantes comparado por comportamiento de lluvia (mm/mes)

Conclusiones.

1. En esta investigación realizada en la Región Sur de Costa Rica; en la que se evaluó la respuesta de productos madurantes herbicidas y no herbicidas se demuestra que si hay respuesta a los mismos; ya que en promedio de cuatro cosechas se obtuvo incrementos de 8,3% (9,0 kg/t) para el Glifosato fue el de mejor respuesta; luego las Mezclas de Herbicidas con incrementos del 4,7 %; luego los No Herbicidas con 2,1 % al comparar con el testigo sin aplicación.
2. En la evaluación de la variable de rendimiento de campo se determinó que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados; lo que demuestra que para la variedad CP 87-1248; no se ve afectada por la residualidad del Glifosato en los rebrotes de cosechas siguientes.
3. El efecto del clima principalmente la variable de precipitación un mes antes de la cosecha incidieron en el comportamiento de respuesta de los madurantes; obteniéndose que debajo de 72 mm/mes se da la mejor respuesta y conforme se incrementan las lluvias disminuyen los efectos positivos de los madurantes tanto herbicidas como no herbicidas. Además, lluvias superiores a los 400 mm en los dos meses antecedentes de la cosecha inciden negativamente en el efecto madurante; como sucedió en los años 2016 y 2017.
4. Al analizar el comportamiento de los madurantes agrupando los por tipos; se observa que en general han una respuesta positiva; donde sobresale el glifosato con incrementos promedio de cuatro cosechas del 8,8%; seguida de las Mezclas con un 4,7% y de los No Herbicidas con 2,1% respecto a la no aplicación de madurantes.
5. Se concluye que la respuesta de las mezclas de madurantes evaluadas está maximizada por el glifosato presente en éstas en un 2,6%.
6. Entre los productos no madurantes evaluados el de mejor respuesta fue el Orofós con incrementos del 4,9% (5,3 kg/t) respecto al testigo sin aplicación.

Literatura consultada.

Arcila, J. 1986. Maduración química de la caña de azúcar (*Saccharum Officinarum* L.) In: Curso el cultivo de la Caña de Azúcar. Memorias. Cali, Colombia, Tecnicaña. p: 323-347.

Chaves, M. 2010. Determinantes de la Calidad del Azúcar desde la Perspectiva Agrícola. Seminario-Taller LAICA. Organizado por el Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Cooperativa Victoria, Grecia, Costa Rica.

Costa, C. Almeida, M. Rossetto, R. Pérez, R. 2010. Topicos em ecofisiologia da caña de azucar. Botucate, Brasil, Fundacao de Estudos e Pesquisas Agricolas e Florestais –FEPAF-. 14 p.

Dávila, C.; Torres, J. Echeverri, C. 1995. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Colombia: CENICAÑA. 412 p.

Herrington, C.; Fernández, J.M.; Urrutia,V.; Miranda, M.; Gólcher, A. 1978. Estudio integral sobre el efecto de un madurador químico de la caña de azúcar (Saccharum officinarum) en las labores de campo y fábrica. In: Resúmenes de Congreso Agronómico Nacional, San José, Costa Rica, 1978. Colegio de Ingenieros Agrónomos, Volumen 1 p: 72.

Salazar, J.; Aguilar F. Vargas, J. 1993. Efecto de cinco dosis de glifosato como madurador químico sobre la calidad industrial de tres variedades de caña de azúcar en Quebrada Azul de San Carlos, Alajuela. In: Participación de DIECA en IX Congreso Nacional Agropecuario y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. Octubre de 1993. P.159

Vargas, J. sf. Programa de Madurante: Comportamiento y análisis de 8 zafras en Central Azucarera Tempisque, S.A. CATSA. Guanacaste. Costa Rica

Villegas, F; Arcila, J. 1995. Uso de madurante. In Cassalett, C; Torres, J; Isaccs, C (eds.). El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Colombia, CENICAÑA. p. 315-335.

Agradecimiento.

Es importante dejar patente el sincero agradecimiento al equipo técnico del Área Agrícola de CoopeAgri R.L. por el apoyo logístico brindado para la ejecución de esta investigación; liderado por el Ing. Willy Valverde Araya; además al Técnico Asdrúbal Fernández Estrada Jefe de Zona y al Sr. Jairo Valverde Encargado de Finca Guapinol por su total apertura y colaboración. A todos muchísimas Gracias.