

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
CAMPUS SUR
Facultad de Ingeniería



“Efecto de un madurante no herbicida más fósforo sobre la concentración de sacarosa en caña de azúcar (*Saccharum spp.*), Variedad CP72-2086, finca La Presa, Ingenio Pantaleón.

Trabajo de graduación en modalidad de informe de graduación presentado
por
Luis Pedro Montepeque Monterroso
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnologías
Agrícolas y Pecuarias

Guatemala,
2020

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
CAMPUS SUR
Facultad de Ingeniería



“Efecto de un madurante no herbicida más fósforo sobre la concentración de sacarosa en caña de azúcar (*Saccharum spp.*), Variedad CP72-2086, finca La Presa, Ingenio Pantaleón.

Trabajo de graduación en modalidad de informe de graduación presentado

por

Luis Pedro Montepeque Monterroso

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnologías

Agrícolas y Pecuarias

Guatemala,

2020

Vo.Bo.:

(f) 
Ing. Fernando Hernández Hernández

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Fernando Hernández Hernández

(f) 
Ing. Susana Abigail García Escobar

(f) 
Ing. Santos Danilo Carrillo Barrera

Fecha de aprobación: Guatemala, 14 de febrero 2020

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS.....	V
LISTA DE IIUSTRACIONES.....	VI
RESUMEN	VII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN	3
III. OBJETIVOS.....	4
A. GENERAL:.....	4
B. ESPECÍFICOS:.....	4
IV. HIPÓTESIS.....	5
A. Hipótesis nula:	5
B. Hipótesis alternativa:	5
V. MARCO TEÓRICO.....	6
A. Importancia de la caña de azúcar en Guatemala	6
B. Generalidades del cultivo de caña de azúcar	6
1. Morfología.....	6
2. Requerimientos edafoclimáticos	6
C. Características de la variedad de caña de azúcar CP72-2086	7
D. Madurantes herbicidas	8
E. Generalidades del Glifosato (Roundup).....	8
F. Generalidades de Trinexapac Etil (Moddus).....	9
G. Generalidades del Fósforo (Phosmax).....	10
H. Maduradores y su comportamiento en la caña de azúcar	10
1. Influencia de los nutrientes en la maduración	11
2. Beneficios de un madurante	12
3. Efectos visibles de un madurante.....	12
4. Efecto de los madurantes en la producción	13
5. Beneficio económico del uso de madurantes.....	13
VI. METODOLOGÍA.....	14
A. Ubicación del estudio.....	14
B. Época de medición	14
C. Plan experimental	15
D. Diseño experimental.....	15

E. Modelo estadístico	16
F. Variables de respuesta	17
G. Análisis de la información	18
VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	19
A. Comparación de los resultados.	19
B. Interpretación de resultados.	20
VIII. CONCLUSIONES	24
IX. RECOMENDACIONES	25
X. BIBLIOGRAFÍA.....	26
XI. ANEXOS	28
XII. GLOSARIO	29

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Tratamientos considerados en el estudio	15
Cuadro 2 Rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea de los tratamientos evaluados. Zafra 2017/18.....	19
Cuadro 3 Rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea de los tratamientos evaluados. Zafra 2018/19.....	20
Cuadro 4 Resumen de ANDEVA para rendimiento de toneladas de azúcar por hectárea, por zafra	20
Cuadro 5 Resumen de la prueba de medias de Scott & Knott entre tratamientos para el rendimiento de toneladas de azúcar por hectárea, por zafra	21

LISTA DE IIUSTRACIONES

Ilustración 1. Representación geográfica del municipio de la Gomera.....	14
Ilustración 2 Mapa referencial de aplicación aérea en unos de los lotes de la evaluación	16
Ilustración 3 Rendimientos medios de TAH. Zafra 2017/18	22
Ilustración 4 Rendimientos medos de TAH. Zafra 2018/19.....	23

RESUMEN

El cultivo de la caña de azúcar en la actualidad, es uno de los cultivos más importantes en la economía del país, porque además de generar divisas, es una fuente de mano de obra para muchas familias guatemaltecas, generando alrededor de 300,000 empleos directos. (ASAZGUA, 2008)

Las aplicaciones de madurantes en la caña de azúcar se realizan con la finalidad de obtener mayores concentraciones de sacarosa, estos son realizados por medio de aplicaciones aéreas y en donde los productos que se utilizan son herbicidas como madurantes, estos herbicidas a dosis bajas son las que nos benefician para estas concentraciones de sacarosa.

El siguiente trabajo de investigación se realizó tomando como referencia la finca La Presa, la Gomera, Escuintla (14°05'00"N 91°03'00"O). El manejo de plantación de la caña de azúcar contempla en su etapa de maduración la aplicación de productos que aceleren la maduración económica del cultivo con el fin de aumentar la concentración de sacarosa, por ello, el objetivo principal de este trabajo fue la evaluación de los efectos de madurantes herbicidas y no herbicidas en la variedad CP72-2086.

Los tratamientos que se evaluaron fueron N-fosfonometil Glicina (Glifosato) y Trinexapac Etil (Moddus), madurante no herbicida más fósforo (Phosmax) y un Testigo absoluto sin aplicación. El N-fosfonometil Glicina sirvió como testigo para la evaluación del producto no herbicida. La variable que se evaluó fue el rendimiento de toneladas de azúcar por hectárea. Se realizó el análisis de varianza en una sola vía para el análisis de la información considerándolo como un diseño de completo azar al comparar tres grandes grupos con sus respectivas repeticiones intrínsecas. Al finalizar las zafas 2017/18 y 2018/1919 se tomaron los datos para hacer su respectiva medición estadística. Al final de la investigación se esperaba que las aplicaciones de Trinexapac etil más fósforo pudieran tener un impacto en la producción y así obtener rentabilidades económicas más importantes en el cultivo de caña de azúcar, generando más tonelaje de azúcar/ha.

Los resultados demuestran que, no hay una diferencia significativa entre los tratamientos aplicados con una probabilidad de ($p > 0.05$); al comparar un tratamiento y otro, es decir que un efecto de un madurante no herbicida más fósforo no causa una diferencia con los madurantes herbicidas al momento de la concentración de sacarosa en la caña de azúcar; sin embargo, sí se pudo encontrar una diferencia estadística significativa entre la aplicación de madurantes y el

testigo sin aplicar corroborando de esta manera que esta tecnología de aplicación de madurantes puede mejorar la concentración de azúcar en los cañaverales.

Al final las aplicaciones de herbicidas y no herbicidas como madurantes pueden aportar una diferencia en el rebrote de las socas que pueden ser observado después de la cosecha aunque en la concentración de sacarosa no se encuentre una diferencia significativa.

I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala se cultivó caña de azúcar desde el siglo XVI de forma artesanal y en 1587 ya había varios trapiches en el valle de Guatemala y el ayuntamiento de Santiago promulgó las ordenanzas del gremio de los hacedores de azúcar.

El primer ingenio fue documentado en 1591. Durante siglos se cultivó y procesó de manera artesanal la caña. Con el crecimiento e importancia de la Agroindustria, empezaron los intentos de asociarse, el 19 de diciembre de 1937 se conformó el "Consortio Azucarero", en esa época las exportaciones del edulcorante eran apenas, cerca del 13% de la producción.

Ser competitivos a nivel global, ha sido un camino largo que ha requerido visión y transformación. El azúcar de Guatemala, además de endulzar la vida a millones de personas en el mundo, genera oportunidades de desarrollo en el país. Está comprometida con la promoción de condiciones de empleo digno y decente, así como con el bienestar social. (Guatemala, 2018)

El ingenio Pantaleón es una organización agroindustrial dedicada al procesamiento responsable de caña de azúcar para la producción de azúcar, mieles, alcoholes y energía eléctrica.

El uso de madurantes en Guatemala se inició a finales de la década de los ochenta. Tomó auge en los noventa y actualmente es una práctica importante y común en todos los ingenios de la agroindustria azucarera guatemalteca, tanto a sí, que es uno de los factores principales, que ha incidido en el incremento en cuanto rendimiento de azúcar por tonelada de caña. (Cengicaña, Cengicaña, 2006).

Las industrias cañeras guatemaltecas obtienen grandes beneficios del cultivo de la caña de azúcar por lo cual han tenido la necesidad de poder implementar nuevas tecnologías y mejorando las labores en campo para obtener mejores resultados. La maduración inducida o maduración económica juega un papel importante en la producción de azúcar y biomasa en la caña de azúcar debido a las altas concentraciones de sacarosa que estas prácticas generan, es por eso por lo que estas técnicas deben desarrollarse de la mejor manera ya que al final de la cosecha representará mejores resultados.

Por esta razón es importante la realización de las aplicaciones de madurantes no herbicidas en el cultivo de la caña de azúcar con el propósito de mantener los niveles altos de rendimientos de azúcar y de la misma forma evitar los daños posteriores en el cultivo que sufren por las aplicaciones de madurantes herbicidas.

Las metodologías utilizadas para esta investigación fue la experimentación de dos aplicaciones de madurantes con la finalidad de poder encontrar al menos un tratamiento que

genere diferencias significativas a la hora de la cosecha y obtener una mayor concentración de sacarosa en la caña de azúcar. El diseño estadístico que se realizó para la investigación es el ANDEVA en una sola vía.

II. JUSTIFICACIÓN

La Agroindustria Azucarera continuará siendo un sector muy importante para la economía de Guatemala por su participación en el Producto Interno Bruto, como productor de azúcar, energía eléctrica y etanol, como generador de divisas y de empleo y por su participación en el desarrollo regional a través de programas de educación, salud, desarrollo municipal y el medio ambiente.

El gran reto que enfrenta en la actualidad la Agroindustria Azucarera de Guatemala es el de contribuir a resolver la problemática de la región cañera a través de un enfoque de desarrollo sostenible, el cual está siendo implementado a través de acciones que promueven el desarrollo económico, la responsabilidad social, la responsabilidad ambiental y la gobernanza. (Cengicaña, 2017)

En la actualidad la agroindustria cañera Guatemalteca hace uso de madurantes herbicidas, estos compuestos actúan como inhibidores de la síntesis de aminoácidos aromáticos (AA), disminuyendo así el crecimiento y promoviendo la mayor concentración de sacarosa en la planta. Uno de los inconvenientes de esta práctica radica en que la disminución de la síntesis de AA se transfiere al nuevo rebrote después de la cosecha, afectando negativamente el funcionamiento de los ciclos fisiológicos de la planta y produciendo una merma significativa en la productividad según el número de socas. (Barneond, 2019)

Por lo tanto, la solución que se le pretende dar a estos problemas es la utilización de madurantes no herbicidas que ayuden a la acumulación de azúcar, y a los cuidados del medio ambiente en el cual se observan después de cada cosecha.

Es indispensable definir, si esta nueva herramienta de la agricultura, es una alternativa posible que permita alcanzar alta productividad y competitividad, para los generadores del cultivo y para los procesadores, de tal forma que estos mismos factores, permitan posicionar el azúcar granulado en un mejor lugar en el mercado internacional.

III. OBJETIVOS

A. GENERAL:

Determinar el efecto de un madurante no herbicida más fósforo en la concentración de sacarosa en la caña de azúcar.

B. ESPECÍFICOS:

- Determinar el incremento de toneladas de azúcar por hectarea (TAH) al aplicar fósforo conjuntamente con un madurante no herbicida versus el testigo sin aplicación.
- Analizar si existe diferencia entre aplicaciones de madurantes herbicidas y no herbicidas.

IV. HIPÓTESIS

A. Hipótesis nula:

Ninguno de los tratamientos presenta diferencias significativas de la aplicación.

B. Hipótesis alternativa:

Al menos uno de los tratamientos presenta diferencias significativas de la aplicación.

V. MARCO TEÓRICO

A. Importancia de la caña de azúcar en Guatemala

En Guatemala el cultivo de la caña de azúcar es uno de los más antiguos. Los primeros intentos se produjeron apenas concluida la parte armada de la Conquista y ya en 1536 Amatitlán se había convertido en la principal área de producción del dulce.

En Guatemala, el cultivo de la caña de azúcar es uno de los más antiguos. Los primeros intentos se produjeron apenas concluida la parte armada de la Conquista y ya en 1536 Amatitlán se había convertido en la principal área de producción del dulce, que también se sembraba en Jilotepeque, Escuintla, Guazacapán y la Verapaz. Aunque al principio la producción azucarera estuvo en manos de laicos, hacia fines del siglo XVI estaba prácticamente controlada por la Iglesia, en particular por jesuitas, mercedarios, dominicos y agustinos, quienes manejaban los ingenios de más alta producción, como el de San Jerónimo, cuyas ruinas es posible visitar en la actualidad.

El cultivo del azúcar ayudó a introducir el uso de tecnología en aquellos siglos, pues precisaba de instalaciones para el procesamiento de la caña, por un lado, y de la infraestructura de comunicación y transporte necesaria para sacar el producto a los centros de distribución y consumo, habiendo sido uno de los avances de los primeros años de la conquista de Guatemala.

Actualmente, la agroindustria azucarera se ha convertido en una de las principales fuentes de divisas para el país y generadora de abundantes empleos en la economía guatemalteca. Sus 12 ingenios y las cinco organizaciones que la integran contribuyen decisivamente al desarrollo de medio centenar de municipios del país y de más de un millón de personas, con lo que se constituye en un factor determinante para el progreso de Guatemala.

Según el Banco de Guatemala (Banguat), las divisas generadas por las exportaciones de azúcar en 2010 alcanzaron \$723 millones, mientras en 2011 llegó a \$648 mil 819.2. Guatemala tiene una buena competencia con otros surtidores de azúcar, pero por la calidad, el costo de refinamiento es menor y eso mejora la competitividad, que hace que, incluso, países como Corea la prefieran, por lo que se duplicó la venta a

Corea. De la totalidad de la producción azucarera en el mercado local se consume alrededor del 30%. Pero la Azasgua reportó que este año llegará a un 35%, porque la industria ha requerido un mayor consumo por la producción de aguas gaseosas, dulces y galletas.

B. Generalidades del cultivo de caña de azúcar

La caña de azúcar pertenece a la familia de las gramíneas, concretamente al género *Saccharum*.

1. Morfología

Tallo: Macizo, cilíndrico (5-6cm de diámetro), alargado (altura de 2-5m) y sin ramificaciones. Se considera el verdadero fruto de aprovechamiento agrícola ya que en los entrenudos de éste se encuentra almacenado el azúcar. La caña tiene una riqueza en sacarosa del 14% aproximadamente, aunque a lo largo de la recolección, la concentración varía.

Raíz: El sistema radicular lo compone un robusto rizoma subterráneo.

Hoja: Largas, delgadas y planas. Recubiertas por pequeñas vellosidades con numerosas aperturas estomáticas.

Inflorescencia: Para que aparezca la inflorescencia es necesario que se den una serie de condiciones de edad, fertilización, fotoperíodo, temperatura y humedad adecuadas. En estas circunstancias, se pasará de un crecimiento vegetativo a uno reproductivo. Los entrenudos seguirán alargándose y finalmente aparecerá la hoja bandera, indicador de la pronta llegada de la inflorescencia.

2. Requerimientos edafoclimáticos

Temperatura: La caña de azúcar no soporta temperaturas inferiores a 0°C. Para crecer exige un mínimo de temperatura de 14 a 16°C y la temperatura óptima de germinación oscila entre 32-38°C.

Humedad relativa: Para que el crecimiento vegetativo de la caña de azúcar sea más rápido es necesario que la humedad relativa sea alta. En caso contrario (HR baja), y si además los riegos son deficitarios, la planta tenderá a madurar.

Radiación solar: Es una planta que necesita y asimila la radiación solar llegando a conseguir una transformación de hasta el 2% de la energía incidente en biomasa. Por tanto, durante todo el ciclo este cultivo requiere de una buena iluminación si se pretenden conseguir óptimos resultados. Dicho de otra forma: A mayor radiación solar, mayor será la eficiencia de la fotosíntesis y en consecuencia mayor será también la producción y la acumulación de azúcares.

Riegos: Los requerimientos hídricos son de 1200-1500mm anuales prefiriéndose un reparto adecuado de los aportes hídricos a lo largo de todo el período vegetativo. Por otro lado,

para estimular la producción y acumulación de carbohidratos, se recomienda disminuir el aporte hídrico un mes antes de la cosecha.

Por último, hay que tener en cuenta que la caña de azúcar sufre con los encharcamientos por lo que se deberán evitar.

Suelo: Prefiere los suelos ligeros para alcanzar sus mejores rendimientos, pero sí es cierto que no es un cultivo muy exigente en cuanto a suelo. Únicamente presenta problemas en suelos ácidos y en calizos puede aparecer clorosis.

En definitiva, las mejores condiciones Edafoclimáticas para obtener una mayor cantidad de azúcar son: Clima seco, poca humedad, bastante luz solar, noches frescas, precipitaciones o aportaciones hídricas reducidas durante la maduración, amplitud térmica durante el día y suelo de naturaleza ligera.

C. Características de la variedad de caña de azúcar CP72-2086

El hábito de crecimiento de los tallos es semirrecto, posee poco deshoje natural, la cantidad de follaje es intermedio; el entrenudo es de color verde amarillento con manchas negras, la forma de crecimiento es cilíndrico y ligeramente curvado al costado de la yema; el nudo tiene una forma de crecimiento obconoidal, yema redonda con alas de base angosta, anillo de crecimiento protuberante; la vaina posee un desprendimiento intermedio, color rosado y quebradizo por el centro, tiene presencia de afate intermedio; la lámina foliar posee un borde aserrado; la aurícula presenta una forma transicional y la lígula generalmente es deltoide con rombo; el cuello es café con superficie semi lisa.

Es de buena germinación, macollamiento bueno y temprano, buen desarrollo cuando se siembra en la época adecuada; despaje regular, las hojas permanecen adheridas al tallo, se desprenden fácilmente con la mano, resistente al acame, regular tenacidad, abundante floración, prospera bien en suelos húmedos y bajo riego a una altitud de 0 a 220 m, se adapta bien a suelos francos, franco-limosos, franco arenoso y franco arcilloso profundos.

A pesar de que posee una coloración verde amarillento en los primeros estadios de desarrollo presenta tonalidades cafés. Posee buen vigor y buen cierre de calle. Su hábito de crecimiento es erecto sin embargo tiende a acamarse, aunque no en su totalidad. Para su cosecha posee una dureza intermedia mayor que la CP 72-1312; la CP 72-2086 es resistente al carbón causado por *Ustilago scitaminea*, roya por *Puccinia melanocephala*, susceptible al Virus del Mosaico de la Caña de azúcar (VMCA). Le ataca el Barrenador *Diatraea saccharalis*, y es susceptible al mosaico, Raya Roja y amarillamiento foliar YLS.

D. Madurantes herbicidas

Los madurantes herbicidas son productos químicos, en su mayoría del grupo de los reguladores del crecimiento, que, inhibiendo la elongación de los tallos sin afectar severamente la producción cultural, favorecen la acumulación de azúcar.

A tal fin se emplean distintos agroquímicos, destacándose algunos herbicidas comerciales. El Glifosato es en la actualidad el madurativo más utilizado a nivel mundial debido a su precio accesible, a la regularidad y magnitud de los efectos que provoca y porque permite un amplio período de cosecha (entre 4 y 6 semanas).

Su efectividad depende de las características agroecológicas y de manejo de cada región cañera, razón por la que esta tecnología debe ser ajustada para cada situación.

Con la aplicación de estos productos se busca modificar las condiciones naturales de maduración a fin de incrementar el contenido de azúcar, sin afectar significativamente la producción cultural.

Además, los madurativos al favorecer una adecuada acumulación de sacarosa en los entrenudos apicales (normalmente inmaduros) y provocar un desecamiento temprano del follaje, permiten efectuar un despuntado más alto (mayor producción cultural) y disminuir el contenido de materias extrañas que llega a fábrica, mejorando la eficiencia global de la cosecha.

E. Generalidades del Glifosato (Roundup)

Es un herbicida no selectivo formulado para el control post-emergente de malezas anuales y perennes en áreas agrícolas, industriales, caminos, vías férreas. De acción sistémica, es absorbido por hojas y tallos verdes y traslocado hacia las raíces y órganos vegetativos subterráneos, ocasionando la muerte total de las malezas emergidas. Los efectos en las especies perennes pueden comenzar a notarse después de transcurridos 4-5 días desde la aplicación, comenzando con el amarillamiento y marchitamiento de hojas y tallos, hasta culminar con la muerte total de esas malezas. Se presenta formulado como concentrado soluble, debiendo mezclarse con agua limpia para su pulverización. En su formulación se incluye un surfactante, de modo que no es necesario agregar tensio activos.

El ingrediente activo de glifosato penetra en el follaje y se trasloca por el simplasto (tejido vivo de la planta), junto con los productos de la fotosíntesis, y se acumula en los meristemas, principalmente en el punto de crecimiento. La hipótesis más aceptada considera que el glifosato inhibe la acción de dos enzimas, la mutasa corísmica y la deshidratasa prefénica, que intervienen en la síntesis del ácido 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 desdobra 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.

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.

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 o 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 diferencias entre variedades en cuanto a la respuesta a los madurantes.

F. Generalidades de Trinexapac Etil (Moddus)

Representa una nueva clase de reguladores de crecimiento, desarrollado para su uso como madurante de caña de azúcar que estimula el aumento del contenido de sacarosa en los tallos.

La inhibición de la elongación de los entrenudos superiores de la caña, no afectan al sistema de raíces, ya sea en duración o volumen. Trinexapac-etil se absorbe, predominantemente a través de las hojas y brotes terminales, casi en su totalidad durante las primeras 24 horas. Un fitorregulador que no se absorbe en ese tiempo, sufre una rápida degradación. La translocación es rápida, con síntomas de inhibición de crecimiento en la planta 48 horas después de aplicado. Cuando cae al suelo se hidroliza rápidamente (aproximadamente en 8 horas) para formar ácido, que se caracteriza por tener vida media de 20 días. En tres meses, todos los productos del suelo se liberan en forma de CO₂. La fotooxidación sobre la superficie del suelo, por lo general depende de la humedad: en tierra húmeda 8 horas, mientras que en suelo seco el aire puede llegar a 288 horas. Por otra parte, es un producto volátil, independientemente de la humedad del suelo.

El Trinexapac Etil es absorbido principalmente por hojas y brotes, siendo luego trasladado a las zonas en crecimiento (meristemáticas) donde inhibe la elongación de los entrenudos, favoreciendo la concentración de sacarosa en la planta, sin afectar su sistema radicular.

G. Generalidades del Fósforo (Phosmax)

Es un nutriente para suelos y foliar que contiene fosfato complejado orgánicamente el cual resiste el ser inmovilizado en suelos arcillosos. Resiste la inmovilización con calcio o aluminio para mantenerse soluble en agua y disponible a las raíces de las plantas. Se moviliza con el agua de riego y así ayuda en su colocación en el suelo. Auxilia la asimilación de fósforo en suelos inundados o fríos, en suelos calizos y de elevado pH. El fósforo es importante en el desarrollo de raíces y en brotaciones de flores. Las recomendaciones de dosificación, método y tiempo de aplicación pueden variar de acuerdo con las necesidades del cultivo, los niveles de nutrientes disponibles en el suelo, aplicaciones de fertilizantes, características fisicoquímicas del suelo y al estado de desarrollo del cultivo.

Manténgase en su recipiente original bien cerrado. No lo transporte en recipientes de alimentos o bebidas. Realice el triple lavado una vez vacío el envase. Siempre deshágase del envase de acuerdo con el reglamento local, estatal o federal. Recicle en caso adecuado. Las recomendaciones de dosificación, método y tiempo de aplicación pueden variar de acuerdo con las necesidades del cultivo, los niveles de nutrientes disponibles en el suelo, aplicaciones de fertilizante, condiciones físicas y químicas del suelo y al estado de desarrollo del cultivo. No mezcle con productos de fuerte reacción alcalina. Es compatible con la mayoría de los insecticidas, nutrientes foliares, reguladores de crecimiento y fungicidas. Cuando desconozca la compatibilidad con algún producto, deberá realizarse una prueba previa. No es fitotóxico a los cultivos bajo las dosis y recomendaciones indicadas en esta etiqueta.

H. Maduradores y su comportamiento en la caña de azúcar

Principalmente entre los factores naturales y agronómicos que limitan la maduración natural de la caña de azúcar se encuentran: la humedad del suelo, el nitrógeno y la temperatura ambiental, etc. factores que son difíciles de controlar sin la ayuda de un medio artificial, a menos que se cultive en ambientes dotados por la naturaleza en que la planta acumula suficiente concentración de sacarosa como para hacer de la producción de azúcar una actividad altamente rentable. De esta forma es justificable y prácticamente imprescindible, el uso de productos químicos para inducir la acumulación de sacarosa y a la vez sincronizar la maduración de la caña de acuerdo con la programación de la cosecha.

En la actualidad se ha estado utilizando Glifosatos (Roundup) en bajas dosis. En la búsqueda del madurante perfecto se debe tratar de encontrar un regulador del crecimiento vegetal que permita tener la versatilidad de incrementar en corto tiempo la concentración de azúcar, y que

al pasarse de la fecha recomendada de corte no provoque agentes adversos que deterioren la calidad del jugo y que no conduzca a efectos residuales en el cultivo permitiendo el desarrollo y crecimiento normal de la futura cosecha sin poner en riesgo los cultivos aledaños, el Medio Ambiente y a los seres vivos.

Con el paso del tiempo se han venido haciendo estudios relacionados, a mejorar los procesos naturales y cumplir los requisitos expuestos, que proporcionen a la Agroindustria, un producto químico no herbicida. El regulador de crecimiento, Trinexapac etil conocido comercialmente como Moddus, está siendo utilizado, en países como Brasil y Colombia sustituyendo a los productos tradicionales (Glifosatos), generando una alternativa viable.

Los glifosatos, actúan de tal forma que, si no se cosecha, en promedio, siete semanas después de aplicados, pueden presentarse dos problemas graves, en diferentes etapas del proceso:

- Disminución de la cantidad y calidad de azúcares obtenidos por Tonelada
- Altas probabilidades de disminución en la renovación por brotes nuevos

Bajo estas circunstancias, sin embargo, se han generado un sinnúmero de situaciones en las que muchos productores de caña se ven obligados a retrasar la cosecha, generando pérdidas no cuantificadas que simplemente van a incluirse como un costo adicional, disminuyendo la rentabilidad total del negocio.

El Trinexapac etil (Moddus), como potencial madurador en el cultivo de caña de azúcar ha sido comprobado satisfactoriamente, en otras naciones, porque es un producto químico no herbicida que proporciona flexibilidad en un periodo corto pero eficiente, al promover una curva rápidamente ascendente del contenido de azúcar, 3 posicionándose en la cima a pesar del tiempo. A demás no produce efectos residuales de deterioro en el cultivo si no que permite la reanudación de una actividad normal de la planta sin que ocurran efectos adversos en un plazo prudencial después de la aplicación del madurante, siendo amigable con el medio ambiente y los seres vivos que rodeen las áreas de cultivo.

1. Influencia de los nutrientes en la maduración

Los nutrientes afectan el crecimiento y el desarrollo de la planta así también como su maduración. Unos tienen efectos adversos, mientras que otros mejoran la calidad. El nitrógeno tiene un efecto negativo en la calidad de la caña cuando se aplica en exceso. Fertilizaciones excesivas y tardías con materia orgánica o riegos continuos con afluentes de las fábricas hace difícil la maduración. El fósforo juega un papel clave en la calidad de los jugos. Se estima que, para tener, una buena clarificación en los procesos de obtención de azúcar o elaboración de

panela, se requiere una concentración de 300 a 600 mg de pentóxido de di-fósforo por litro de jugo.

La suficiente disponibilidad de nitrógeno y potasio es muy importante no solo para obtener un incremento máximo sino también para almacenamiento óptimo de sacarosa en el cultivo de caña de azúcar.

2. Beneficios de un madurante

A pesar de que al cultivo de caña se le presenten condiciones desfavorables, el madurante puede lograr dar una buena concentración de azúcar, así mismo puede inhibir la floración en algunas variedades. También puede secar las hojas de la caña, produciendo así una mejor quema, reduciendo la basura y costo adicionales de la misma, como transporte, es decir una reducción en la relación de toneladas de caña y toneladas de azúcar, puesto que se transporta caña sin basura y con mayor contenido de sacarosa.

La caña tratada con el madurante, puede dar un aumento en la productividad, debido al incremento de sacarosa y la pureza de los jugos obtenidos, pues se beneficia la molienda de caña de buena calidad.

Se ha demostrado que la caña tratada con el madurante tiende a deteriorarse con menor rapidez después del corte, que la no tratada. Esto conserva el azúcar ya almacenado dentro de los tallos de la caña, para los ingenios que por razones imprevistas no pueden procesar la caña dentro de las 48 horas después del corte.

3. Efectos visibles de un madurante

A veces puede notarse visibles después de la aplicación del madurante, estos efectos pueden variar dependiendo de las condiciones de la plantación, estación del año, variedad de caña, etc. Pero generalmente se produce un moteado, manchas y quemaduras de punta de las hojas, dentro de los 10 primeros días que siguen de la aplicación. A veces, esto es seguido por amarillamiento o enrojecimiento de las hojas y del cogollo de la planta. En algunos casos aparecen brotes laterales. Como característica típica de la caña tratada con el madurante, estos brotes no reducen la calidad del jugo.

Otros efectos visibles pueden incluir la desecación de las hojas, la inhibición del crecimiento de las espigas, acortamiento de los entrenudos superiores o terminales y engrosamiento de los nudos.

La aplicación de madurante tiene mayor efecto cuando se hace al final del periodo de desarrollo del cultivo, sin que éste haya alcanzado un estado avanzado de maduración fisiológica. En la mayoría de las variedades cultivadas en la zona, esto ocurre entre los 10 y los 12 meses de

edad. Aplicaciones después de los doce meses tienen una respuesta menor, debido a que en esta edad el cultivo tiene una mayor madurez obtenida naturalmente.

4. Efecto 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 es decir entre 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.

5. Beneficio económico del uso de madurantes

El beneficio directo que se obtiene de la aplicación de un madurante está representado por el incremento en el rendimiento de 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. 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. 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.

VI. METODOLOGÍA

A. Ubicación del estudio

La investigación se realizó en finca ubicadas en el estrato litoral (0 a 50 msnsm) de Ingenio Pantaleón principalmente en áreas de La Gomera, Escuintla ($14^{\circ}05'00''N$ $91^{\circ}03'00''O$). A 57mts de

s
u
c
a
b
e
c
er
a
d
e
p
ar
t
a
m

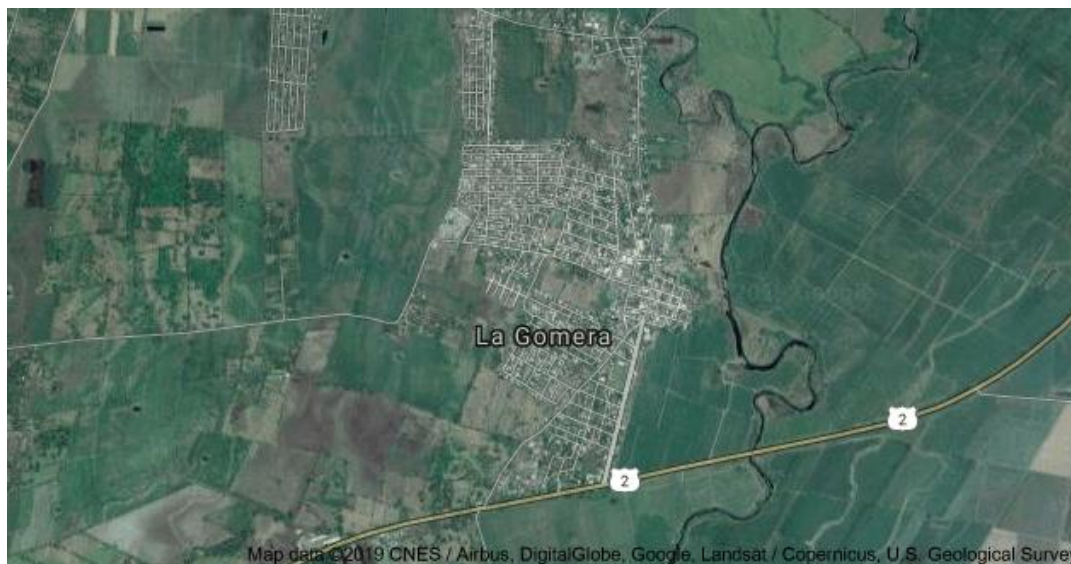


Ilustración 1. Representación geográfica del municipio de la Gomera.

ental (Ilustración 1).

B. Época de medición

Las aplicaciones se realizaron de 8 semanas antes de la cosecha durante los ciclos de producción 2017-2018 y 2018-2019. Para el ciclo 2017-2018 las aplicaciones se hicieron en período comprendido del 09 de marzo al 20 de marzo de 2018 y para el ciclo 2018-2019 las aplicaciones se realizaron del 12 de marzo al 27 de marzo de 2019.

Los resultados se obtuvieron después de cada cosecha de los lotes, trasladando la caña hacia el Ingenio Pantaleón y en la báscula sacaron una muestra, la cual fue llevada al laboratorio y de esta manera obtener los kilogramos de azúcar por tonelada de caña, en la misma báscula al momento del ingreso de la caña al ingenio se pesó la totalidad de la caña producida por lote; posteriormente las toneladas de azúcar obtenidas por lote se obtuvieron transformando los kilogramos de azúcar en una tonelada de caña reportados por el laboratorio a toneladas de azúcar en una tonelada de caña y luego estos valores se multiplicaron por el total de toneladas de caña producida por cada uno de los lotes obteniendo de esta manera el rendimiento de azúcar producido en cada uno de

los lotes de la evaluación. Finalmente, el rendimiento de azúcar por hectárea se obtuvo dividiendo el total de toneladas de azúcar producida en cada lote entre el número de hectáreas que tenía cada lote el cual era variable.

C. Plan experimental

El diseño estadístico que se realizó para la investigación es el ANDEVA de una sola vía para el análisis de varianza entre un tratamiento y otro.

Para este diseño se utilizaron lotes del mismo estrato altitudinal sembrados con la misma variedad de caña de azúcar (CP72-2086) y que cumplen con los mismos ciclos de cultivo, en fincas del Ingenio Pantaleón en donde obtuvieron los datos correspondientes de TAH. Los resultados se obtuvieron después de la cosecha de los lotes, las variables medibles se obtuvieron con la cosecha de los lotes.

Las distribuciones de los tratamientos se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Tratamientos considerados en el estudio

TRATAMIENTOS		Fincas y lotes considerados en el estudio				
1	Trinexapac etil+Fósforo	La Presa, lote 102 (12.55 has)	La Presa, Lote 103 (7.45 has)	La Presa, Lote 104 (5.40 has)	La Presa, Lote 1001 (12.44 has)	La Presa, Lote 1002 (9.12 has)
2	Glifosato	La Presa, Lote 101 (20 has)	La Agrícola, Lote 1301 (22.86 has)	Los Mangos, Lote 201 (8.28 has)	Los Mangos, Lote 301 (9.82 has)	La Agrícola, Lote 2503 (20.89 has)
3	Testigo (sin aplicar)	La Presa, Lote 301 (9.71 has)	Las Pampas, Lote 701 (19.28 has)	Las Pampas, Lote 902 (14.54 has)	La Agrícola, Lote 2405 (1.08 has)	Limonas, Lote 301 (5.03 has)

De esta forma fue posible aplicar un modelo estadístico en la investigación que permitiera establecer alguna diferencia significativa. Es importante mencionar que el manejo de cultivo fue similar en todos los lotes considerados en la evaluación, es decir, que tanto la fertilización y los riegos se trató de que fueron los mismos para los lotes, mientras que, en cuanto a la resiembra y las aplicaciones de herbicidas para los controles de malezas se efectuaron conforme a la necesidad de los lotes. Todos los lotes estaban cultivados con la misma variedad CP72-2086.

D. Diseño experimental

Las aplicaciones las realizó el área de aplicaciones aéreas del ingenio para lo cual se manejó un plano de aplicación, una muestra de la aplicación en unos de los lotes se presenta en la Ilustración 2.

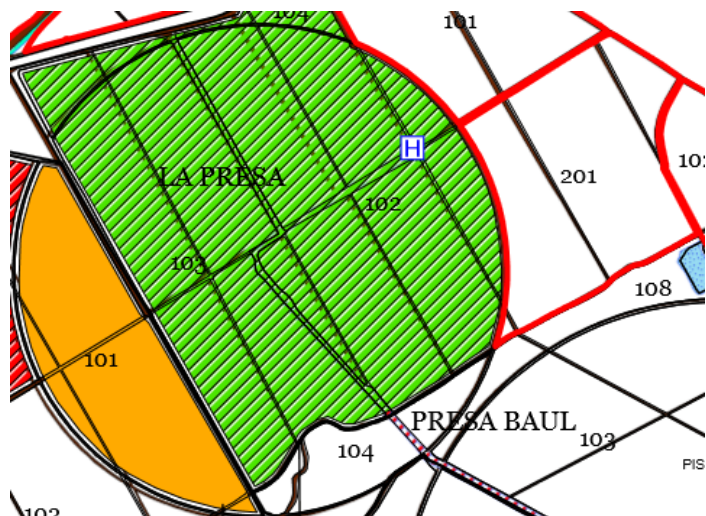


Ilustración 2 Mapa referencial de aplicación aérea en unos de los lotes de la evaluación

En la Ilustración 2 el lote 101 de finca La Presa fue aplicado con Glifosato (marcado en anaranjado) mientras que los lotes 102 y 103 de la misma finca fueron aplicados con Trinexapac etil (marcado en verde).

Los lotes aplicados con cada uno de los tratamientos de interés en el estudio fueron presentados anteriormente en el Cuadro 1.

Los productos que se utilizaron fueron los siguientes:

- Moddus 25 EC (Madurante no herbicida) a una dosis de 1.10 lts/ha.
- Phosmax (Fósforo) a una dosis de 1.10 lts/ha.
- Roundup 35,6 SL (Madurante herbicida) a una dosis de 1.10 lts/ha.

Es importante indicar de nuevo que, todos los lotes considerados para este estudio estaban sembrados con la variedad CP72-2086 a una distancia de 1.75 mts entre surcos, todos fueron fertilizados con el mismo plan de fertilizantes y han cumplido con las cantidades de riego necesarias de acuerdo a las condiciones, de esta manera se trató de controlar aquellas variables que pudieran interferir en la respuesta del cultivo a los tratamientos considerados en la evaluación.

E. Modelo estadístico

El ANOVA, desarrollado por Ronald Fisher en 1918, extiende la prueba t y la prueba z que compara tan solo 2 grupos. Este británico (1890 – 1962) fue un estadístico y biólogo que usó la matemática para combinar las leyes de Mendel con la selección natural, de manera que ayudó así a crear una nueva síntesis del Darwinismo conocida como la síntesis evolutiva moderna.

El nombre Analysis of Variance (ANOVA), análisis de varianza, se basa en el enfoque en el que el procedimiento utiliza varianzas para determinar si las medias son diferentes. El procedimiento funciona comparando la varianza entre las medias de grupo (entre-grupos) versus la varianza dentro de los grupos (intra-sujetos) como una forma de determinar si los grupos son más distintos entre sí que dentro de sí.

El análisis de varianza (ANOVA) de una vía se utiliza para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de tres o más grupos.

Una vía significa que tenemos una única variable explicativa o predictor, también llamada variable independiente. Esta variable debe tener tres o más niveles o categorías.

El análisis de la varianza permite contrastar la hipótesis nula de que las medias de K poblaciones ($K > 2$) son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado. Este contraste es fundamental en el análisis de resultados experimentales, en los que interesa comparar los resultados de K 'tratamientos' o 'factores' con respecto a la variable dependiente o de interés.

Fórmula:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_K = \mu$$

$$H_1: \exists \mu_s \neq \mu_j = 1, 2, \dots, K$$

El Anova requiere el cumplimiento los siguientes supuestos:

- Las poblaciones (distribuciones de probabilidad de la variable dependiente correspondiente a cada factor) son normales.
- Las K muestras sobre las que se aplican los tratamientos son independientes.
- Las poblaciones tienen todas igual varianza (homoscedasticidad).

El ANOVA se basa en la descomposición de la variación total de los datos con respecto a la media global (SCT), que bajo el supuesto de que H_0 es cierta es una estimación de obtenida a partir de toda la información muestral, en dos partes:

- Variación dentro de las muestras (SCD) o Intra-grupos, cuantifica la dispersión de los valores de cada muestra con respecto a sus correspondientes medias.
- Variación entre muestras (SCE) o Inter-grupos, cuantifica la dispersión de las medias de las muestras con respecto a la media global.

F. Variables de respuesta

La variable principal considerada en la evaluación para tratar de dar respuesta a los objetivos planteados fue el rendimiento de azúcar expresado en toneladas de azúcar por hectárea

TAH, rendimiento que se obtuvo de la combinación del rendimiento de azúcar por tonelada de caña determinado en el laboratorio a través de un muestreo de caña y la producción de las toneladas de caña en cada lote de la evaluación. Los datos se obtuvieron al finalizar las zafas 2017/18 y 2018/19 después del corte de los lotes.

G. Análisis de la información

Los datos correspondientes a la variable de respuesta principal obtenidos para cada uno de los tratamientos evaluados en el estudio, para cada una de las zafas, se analizaron estadísticamente a través del análisis de varianza (ANDEVA) de una sola vía para determinar si se encontraban diferencias significativas entre los tres grupos de datos (tratamientos). Para el análisis mencionado se utilizó el software de Infostat, versión 2018. El Infostat es un software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows. Para la comparación de medias de los tratamientos se utilizó la prueba de medias de Scott & Knott.

VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. Comparación de los resultados.

Los resultados obtenidos en toneladas de azúcar por hectáreas (TAH) para cada uno de los tratamientos del estudio fueron comparados mediante el ANDEVA indicado anteriormente y de manera separada para cada una de las dos zafas indicadas 2017/18 y 2018/19; de esta forma la interpretación de las referidas comparaciones tuvo un fundamento estadístico apropiado y que validaron la presente investigación.

Cuadro 2 Rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea de los tratamientos evaluados. Zafra 2017/18

TRATAMIENTOS		Fincas-lotes y rendimiento de tratamientos				
1	Trinexapac etil + Fósforo	Presa 102	Presa 103	Presa 104	Presa 1001	Presa 1002
		14.39	12.81	16.17	12.56	11.83
2	Glifosato	Presa 101	Agrícola 1301	Mangos 201	Mangos 301	Agrícola 2503
		10.58	15.79	13.02	11.74	14.52
3	Testigo (sin aplicar)	Presa 301	Pampas 701	Pampas 902	Agrícola 2405	Limonas 301
		12.67	8.70	7.65	11.47	9.90

En el Cuadro 2 que corresponde a resultados obtenidos para la zafra 2017/18, se puede observar que los rendimientos más altos de TAH se alcanzaron con la aplicación de Trinexapac+Fósforo con 16.17 y Glifosato, 15.79, en comparación con el testigo sin aplicar en donde el máximo valor de TAH fue de 12.67 y el que a la vez presentó uno de los rendimientos más bajos de 7.65.

Cuadro 3 Rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea de los tratamientos evaluados. Zafra 2018/19

TRATAMIENTOS		Fincas-lotes y rendimiento de tratamientos				
1	Trinexapac etil+Fósforo	Presa 102	Presa 103	Presa 104	Presa 1001	Presa 1002
		17.54	14.76	15.52	14.37	12.63
2	Glifosato	Presa 101	Agrícola 1301	Mangos 201	Mangos 301	Agrícola 2503
		10.22	15.88	13.95	13.50	15.10
3	Testigo (sin aplicar)	Presa 301	Pampas 701	Pampas 902	Agrícola 2405	Limones 301
		11.60	11.23	11.89	8.54	8.48

En el Cuadro 3, que corresponde a resultados obtenidos para la zafra 2018/19, se observa que la tendencia es similar a la zafra anterior ya que los máximos rendimientos de TAH de nuevo fueron donde se aplicó Trinexapac etil+Fósforo donde el valor más alto fue de 17.54 y donde se realizaron aplicaciones de Glifosato que alcanzó un máximo de 15.88; mientras que, el testigo sin aplicación de madurante no produjo más allá de 11.23 TAH.

B. Interpretación de resultados.

En el Cuadro 4 se presenta un resumen del análisis de varianza general realizado en la variable toneladas de azúcar por hectárea para los tratamientos evaluados para cada una de las dos zafras consideradas en el estudio. La salida con los datos completos del análisis de varianza para cada una de las zafras en estudio se presenta en el anexo 1.

Cuadro 4 Resumen de ANDEVA para rendimiento de toneladas de azúcar por hectárea, por zafra

ZAFRA	Fuente de variación	Grados de libertad	Probabilidad de significancia (Pr>F)
2017/18	Tratamiento	2	0.03 *
	Error	12	
	Total	14	
	Coeficiente de variación (%)	15.98	
2018/19	Tratamiento	2	0.006 **
	Error	12	
	Total	14	

ZAFRA	Fuente de variación	Grados de libertad	Probabilidad de significancia (Pr>F)
	Coefficiente de variación (%)		14.58

Tal como se observa en el Cuadro 4, el análisis de varianza realizado evidenció que tanto para la 2017/18 y la 2018/19, existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados con probabilidades de significancia de 0.03 y 0.006 respectivamente. Considerando la diferencia estadística entre tratamientos se procedió a realizar la prueba de medias mediante la prueba de Scott & Knott con un α de 0.05 de probabilidad.

En el Cuadro 5 se presenta un resumen de la prueba de medias efectuada en la variable toneladas de azúcar por hectárea en los tratamientos considerados en el estudio para cada una de las dos zafras de la evaluación. El análisis completo de la prueba de medias para cada una de las dos zafras de la evaluación se presenta en el anexo 2.

Cuadro 5 Resumen de la prueba de medias de Scott & Knott entre tratamientos para el rendimiento de toneladas de azúcar por hectárea, por zafra

ZAFRA	Tratamientos	Medias	
2017/18	Trinexapac	13.55	a
	etil+Fósforo	13.13	a
	Glifosato	10.08	b
	Testigo (sin aplicar)		
2018/19	Trinexapac	14.96	a
	etil+Fósforo	13.73	a
	Glifosato	10.35	b
	Testigo (sin aplicar)		

En el Cuadro 5 se puede observar que, en ambas zafras, los tratamientos con aplicación de trinexapac+Fósforo y Glifosato fueron significativamente diferentes en comparación al testigo sin aplicar, pero iguales estadísticamente entre ellos.

En la Figura 1 se presentan los rendimientos promedios de toneladas de azúcar por hectárea según los tratamientos considerados en la evaluación durante la zafra 2017/18.

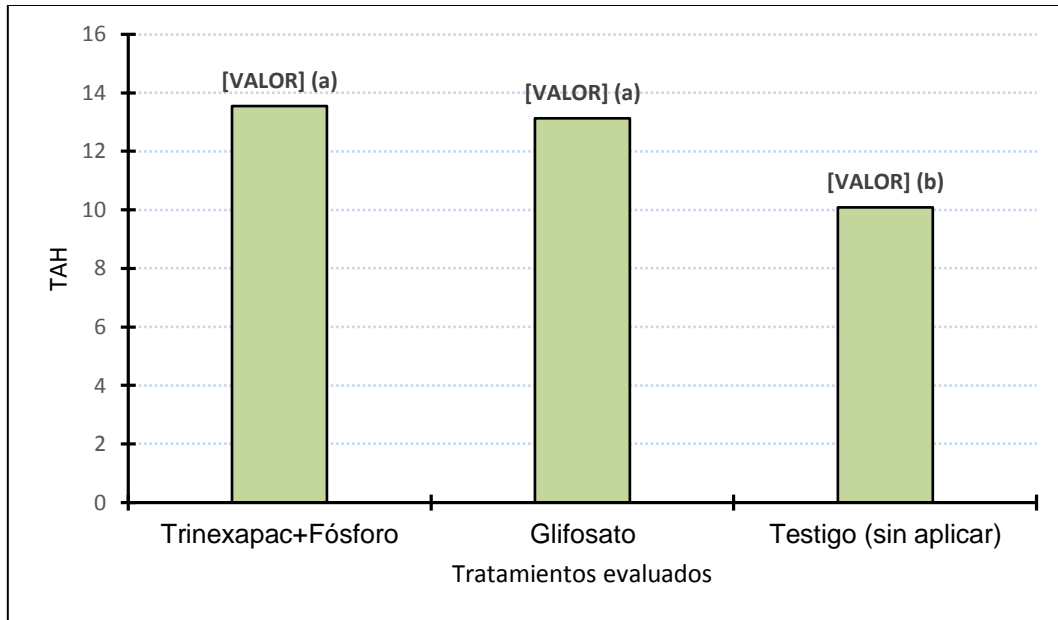


Ilustración 3 Rendimientos medios de TAH. Zafra 2017/18

En la Ilustración 3 se observa que la aplicación de Trinexapac+Fósforo supero en 3.47 TAH al testigo sin aplicar, mientras que el Glifosato supero también al testigo en 3.05; sin embargo, la diferencia entre los tratamientos aplicados fue mínima 0.42 TAH a favor de la aplicación con Trinexapac+Fósforo razón por la cual la prueba de medias los ubicó en el mismo grupo identificado con la misma literal indicando con ello que no hay diferencia significativa entre ellos.

En la Ilustración 4 se presentan los rendimientos promedios de toneladas de azúcar por hectárea según los tratamientos considerados en la evaluación durante la zafra 2018/19.

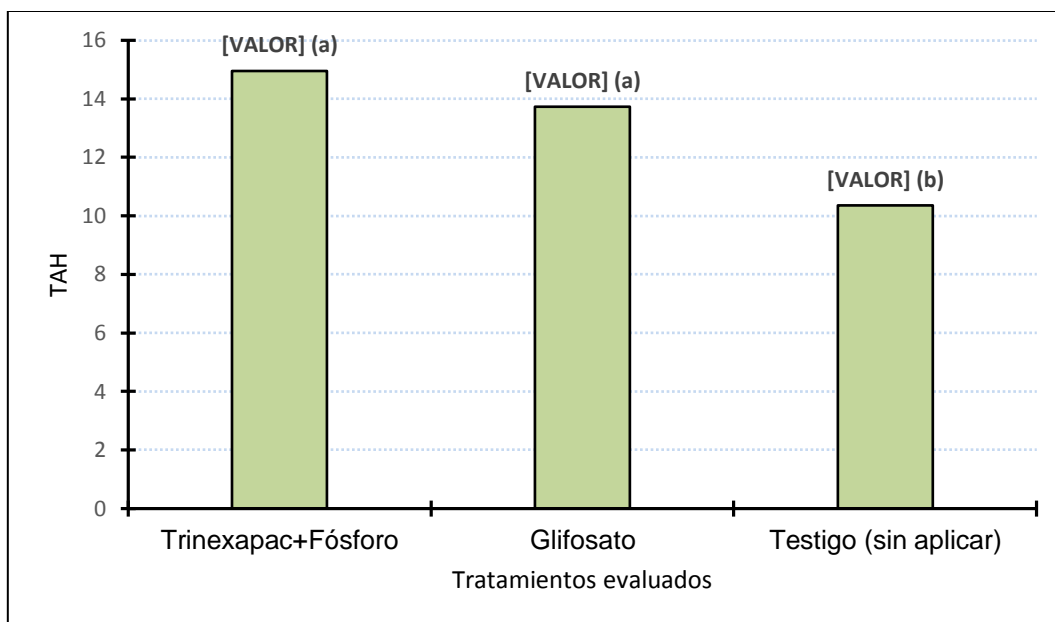


Ilustración 4 Rendimientos medios de TAH. Zafra 2018/19

En la Ilustración 2 se observa que durante la zafra 2018/19 las diferencias entre los tratamientos fueron mayores ya que la aplicación con Trinexapac+Fósforo superó en 4.61 TAH al Testigo sin aplicar, mientras que el Glifosato obtuvo 3.38 TAH más que el Testigo sin aplicación. Respecto a los tratamientos aplicados se puede indicar que, aunque la aplicación de Trinexapac+Fósforo obtuvo un rendimiento de 1.23 TAH más que el tratamiento aplicado con Glifosato, esta diferencia no fue suficiente para alcanzar significancia estadística.

Es importante enfatizar que, tanto en la zafra 2017/18 como en la 2018/19 las diferencias significativas, según la prueba de medias, únicamente fue entre los tratamientos aplicados y el testigo sin aplicación, lo cual corrobora que efectivamente esta práctica de aplicación de madurantes es importante para elevar los rendimientos en las toneladas de azúcar por hectárea.

Lo observado y discutido en las figuras 1 y 2 es congruente, en buena medida, con los resultados presentados en los cuadros 2 y 3 donde como se indicó, los rendimientos máximos obtenidos con la aplicación de madurantes fueron muy superiores a los alcanzados con el testigo sin aplicar.

Con fundamento a la interpretación de resultados presentada en los párrafos anteriores, donde es evidente que, en ninguna de las dos zafras consideradas en la evaluación, hay diferencia significativa en el rendimiento de toneladas de azúcar por hectárea entre la aplicación de Trinexapac+Fósforo y el Glifosato se considera que la aplicación de Trinexapac+Fósforo es la alternativa a ser considerada más viable principalmente por ser menos perjudicial para el ambiente por su menor impacto sobre el mismo así como tampoco tiene efectos residuales de deterioro en

el cultivo que se pueda manifestar en una disminución en la renovación de los nuevos rebrotes en el ciclo siguiente a su aplicación.

Respecto a las hipótesis planteadas en el trabajo se puede mencionar que se rechaza la hipótesis nula la cual indica que ninguno de los tratamientos presenta diferencias significativas de la aplicación principalmente por la diferencia alcanzada entre los tratamientos aplicados y el tratamiento testigo sin aplicar; en contraparte entonces, no se rechaza la hipótesis alternativa.

VIII. CONCLUSIONES

- Se determinó que sí hubo un incremento significativo de toneladas de azúcar por hectárea (TAH) al aplicar Trinexapac etil con fósforo en comparación con el testigo sin aplicación.
- Bajo las condiciones edafoclimáticas y altitudinales de la zona cañera donde se realizó la evaluación se determinó que no existe una diferencia significativa en las aplicaciones de madurantes herbicidas y no herbicidas por lo que se considera a la aplicación de Trinexapac+Fósforo como la mejor alternativa debido principalmente a su efecto menos nocivo al medio ambiente.
- Se verificó la existencia de la diferencia significativa entre las aplicaciones de madurantes y no aplicar ningún tipo de producto que permita el incremento sustancial del rendimiento de toneladas de azúcar por hectárea, indicando con esto que efectivamente la técnica de aplicación de productos madurantes mejora grandemente la concentración de sacarosa.
- Considerando al testigo sin aplicación como un tratamiento de la evaluación, se rechaza la hipótesis nula que indica que, ninguno de los tratamientos presenta diferencias significativas en el rendimiento de toneladas de azúcar por hectárea.

IX. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar realizando estudios con productos madurantes no herbicidas distinto al Trinexapac+Fósforo para tener otras alternativas amigables también al ambiente y de esta forma no crear en la industria azucarera guatemalteca dependencia de pocos productos.
- Realizar esta evaluación en otro estrato altitudinal distinto a donde se realizó el presente estudio que conduzca por ende a distintas condiciones de clima y suelo y de esta manera validar estos resultados en condiciones diferentes.
- Considerar dentro de próximas evaluaciones con productos no herbicidas, otras variables de respuesta enfocadas principalmente en los posibles daños residuales en los siguientes ciclos del cultivo de caña como por ejemplo porcentaje de resiembra en comparación con la aplicación convencional de Glifosato, para documentar el aspecto noble con el ambiente de dichos productos no herbicidas

X. BIBLIOGRAFÍA

- Agroinova. *Huma gro Phos max*. <http://mycoderwebprojects.com/agroinova/producto/huma-gro-phos-max/> [30 de septiembre de 2019].
- Barneond Azurdia, F. Montepeque Monterroso, L. marzo 2019. Cultivo de la caña de azúcar. Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla. Email: francisco.barneond@pantaleon.com
- Cengicaña. *El cultivo de la caña de azúcar*.
<https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf> [13 de octubre de 2019].
- Cengicaña. *Guía de buenas prácticas agrícolas en caña de azúcar*.
<https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf> [22 de octubre de 2019].
- Cenicaña. *Maduradores en caña de azúcar*.
https://www.academia.edu/9221064/Maduradores_en_Ca%C3%B1a_de_Az%C3%BAcar_CENTRO_DE_INVESTIGACI%C3%93N_DE_LA_CA%C3%91A_DE_AZ%C3%9ACAR_DE_COLOMBIA [22 de octubre de 2019].
- Chávez, MA. *Maduradores y su comportamiento en el cultivo de caña de azúcar*.
<https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/Fulltext/ADLM0000522/Capitulo%201.pdf> [30 de septiembre de 2019].
- Deguate.com. *El azúcar en Guatemala, su producción y exportación*.
<http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/El-azucar-en-guatemala-su-produccion-y-exportacion.shtml> [30 de septiembre de 2019].
- Infoagro. *El cultivo de la caña de azúcar*.
https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_cana_azucar.asp [23 de septiembre de 2019].
- Monsanto global. *Roundup herbicida*.

<https://www.monsantoglobal.com/global/py/productos/documents/roundup.pdf> [24 de septiembre de 2019]

Romero, E. R. *Maduración química de la caña de azúcar.*

http://www.produccion.com.ar/1997/97may_13.htm [23 de septiembre de 2019].

XI. ANEXOS

Anexo 1. Salida del análisis de varianza generado en Infostat, para la variable toneladas de azúcar por hectárea TAH de los tratamientos evaluados en las zafras 2017/18 y 2018/19.

Zafra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	TAH	15	0.44	0.35	15.98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	35.94	2	17.97	4.69	0.0313
Error	45.99	12	3.83		
Total	81.93	14			

Zafra	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	TAH	15	0.57	0.50	14.58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	57.11	2	28.56	7.93	0.0064
Error	43.19	12	3.60		
Total	100.30	14			

Zafra 1: 2017/18

Zafra 2: 2018/19

Anexo 2. Análisis de prueba de medias de Scott & Knott generado en Infostat, para la variable toneladas de azúcar por hectárea TAH de los tratamientos evaluados en las zafras 2017/18 y 2018/19.

Zafra Variable

1 TAH

Test: Scott & Knott Alfa=0.05

Error: 3.8327 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Moddus_Phosmax	13.55	5	0.88	A
Glifosato	13.13	5	0.88	A
Testigo	10.08	5	0.88	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Zafra Variable

2 TAH

Test: Scott & Knott Alfa=0.05

Error: 3.5991 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Moddus_Phosmax	14.96	5	0.85	A
Glifosato	13.73	5	0.85	A
Testigo	10.35	5	0.85	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Zafra 1: 2017/18

Zafra 2: 2018/19

XII. GLOSARIO

AA:	Aminoácidos aromáticos.
Fitotóxico:	Sustancias orgánicas o minerales dañinas para el desarrollo y el crecimiento de las plantas, referido a un producto químico, que daña a las plantas.
HA:	Hectárea o hectáreas.
Herbicida:	Un herbicida es un producto fitosanitario utilizado para eliminar plantas indeseadas. Algunos actúan interfiriendo con el crecimiento de las malas hierbas y se basan frecuentemente en las hormonas de las plantas.
Inhibición:	Disminuye la actividad de las enzimas. Este efecto puede ser buscado para solucionar un desequilibrio metabólico o para eliminar un patógeno.
Msnm:	Metros sobre el nivel del mar.
Sacarosa:	Se forma a partir de la unión de dos azúcares monosacáridos. En el caso concreto de la sacarosa, los azúcares que se unen son la glucosa y la fructosa.
TAH:	Toneladas de azúcar por hectárea.
TCH:	Toneladas de caña por hectárea.

Zafra: Significa la recolección de la caña de azúcar y la temporada en que se realiza.