

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



EFFECTOS DE MADURANTES QUIMICOS EN LA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*) EN LA EMPRESA AZUNOSA

TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO

POR:

EDDY JHOEL RIOS ROMERO

CATACAMAS, OLANCHO

MAYO, 2026

EFFECTOS DE MADURANTES QUIMICOS EN LA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*) EN LA EMPRESA AZUNOSA.

POR:

EDDY JHOEL RIOS ROMERO

ING. YONI SORIEL ANTUNEZ

Asesor principal

TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE **INGENIERO AGRÓNOMO**

CATACAMAS, OLANCHO

MAYO, 2026

DEDICATORIA

Dedico el presente informe final, en primer lugar, a Dios, por brindarme la vida, la salud, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa importante de mi formación profesional.

De igual manera, dedico este trabajo a mi familia, quienes han sido un pilar fundamental en todo mi proceso académico, brindándome apoyo incondicional, motivación constante y confianza para seguir adelante aun en los momentos más difíciles.

Finalmente, dedico este logro a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a mi crecimiento personal y profesional durante el desarrollo de mi Práctica Profesional Supervisada.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios, por guiar cada uno de mis pasos, permitirme adquirir nuevos conocimientos y darme la oportunidad de culminar satisfactoriamente mi Práctica Profesional Supervisada.

Mi agradecimiento especial a mi familia, por su apoyo moral, comprensión y sacrificio a lo largo de mi formación académica, siendo una fuente constante de motivación para alcanzar mis metas.

Expreso mi sincero agradecimiento a mis asesores académicos, por su orientación, acompañamiento y valiosos aportes durante el desarrollo de la Práctica Profesional Supervisada y la elaboración del presente informe.

De manera muy especial, agradezco a mi jefe y al personal de la empresa AZUNOSA, por brindarme la oportunidad de realizar mi Práctica Profesional Supervisada, así como por la confianza, el apoyo y los conocimientos compartidos, los cuales fueron fundamentales para mi aprendizaje, especialmente en el manejo y aplicación de madurantes en el cultivo de caña de azúcar.

A todos ellos, mi más profundo agradecimiento.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
Objetivo general:	2
Objetivos específicos:	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1. Origen de la caña de azúcar.....	3
3.2. Morfología.....	4
3.2.1. Tallo	4
3.2.2. Raíz.....	4
3.2.3. Hojas	4
3.3. Clasificación Taxonómica	5
3.4. Requerimientos edafoclimáticos	5
3.5. Nutrición.....	6
3.6. Aplicación de madurantes en caña de azúcar	7
3.7. Definición de madurantes.....	8
3.8. Objetivo de la aplicación de los madurantes	9
3.9. Madurantes químicos utilizados en el ensayo	10
3.9.1. Clethodim	10
3.9.2. ABA.....	11
3.9.3. FOSTANK	12
3.9.4. Trinexapac-etil.....	13
IV. MATERIALES Y METODO	14
4.1. Descripción del lugar	14
4.2. Material vegetal.....	14

4.3. Materiales y equipo:	14
4.4. Fases introductorias del inicio de PPS	15
Fase 1. Inducción	15
Fase 2. Reconocimiento	15
Fase 3. Desarrollo	15
4.5. Manejo del experimento	16
4.6 Desarrollo de la practica	16
4.6.1 Parámetros climáticos	17
4.6.2 Volumen utilizado para la aplicación	18
4.7. Variables evaluadas:	19
4.7.1 Determinación de variables BRIX, POL y Humedad	20
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
VI. CONCLUSIONES	28
VII. RECOMENDACIONES	29
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
ANEXOS	32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de elementos nutrientes extraídos (kg) por tonelada de caña y cantidad de elementos nutrientes para obtener rendimiento proyectado de tallos de caña de azúcar de 50 ton/ha/año.....	6
Tabla 2. Descripción de los Tratamiento (madurantes químicos).....	16
Tabla 3. volumen utilizado en el ensayo T1.....	18
Tabla 4. Volumen utilizado en el ensayo T2.	18
Tabla 5. Volumen utilizado en el ensayo T3.	18
Tabla 6. Toma de datos.....	19
Tabla 7. Resultados de variables durante el periodo de estudio.....	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Descripción del lugar de la práctica.	14
Figura 2. Resultados de evaluación de grados Brix.	22
Figura 3. Resultados de evaluación de porcentaje de sacarosa.	24
Figura 4. Resultados de evaluación de reducción de humedad.	26

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Distribución de los tratamientos.	32
Anexo 2. Croquis del diseño experimental.	32
Anexo 3. Parámetros climáticos a considerar.	32
Anexo 4. Anava de tratamientos evaluados.	33
Anexo 5. Barril de mezclas de volumen de aplicación.	34
Anexo 6. Insumo químico utilizado en el ensayo (T2).	34
Anexo 7. Insumo químico utilizado en el ensayo.	34
Anexo 8. Insumo químico utilizado en el ensayo.	34
Anexo 10. Dron DJI AGAS T-50.	35
Anexo 9. Mapeo de dron de aplicaciones.	35

Rios Romero, E. J. 2026. *Evaluación de efectos de madurantes químicos en la caña de azúcar (Saccharum officinarum) en la empresa AZUNOSA, municipio El Progreso, Yoro y aldea Arena blanca, Yoro. Informe de Practica Profesional Supervisada. Ing. Agrónomo Catacamas, Olancho Honduras, C.A. Universidad Nacional De Agricultura. 35 p.*

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la empresa AZUNOSA, ubicada en El Progreso, Yoro, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes madurantes químicos sobre los indicadores de madurez de la caña de azúcar. El ensayo se realizó en la variedad comercial CGMEX10-26315, utilizando cuatro tratamientos: FOSTANK, Clethodim, ABA + Trinexapac-etil y un testigo absoluto, distribuidos en un diseño experimental con cuatro repeticiones. Las aplicaciones se realizaron mediante dron agrícola y las evaluaciones se efectuaron a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación. Las variables analizadas fueron grados Brix, porcentaje de sacarosa (POL) y humedad del tallo. Los resultados evidenciaron un incremento progresivo de los grados Brix y del porcentaje de sacarosa en todos los tratamientos evaluados, reflejando el efecto positivo de los madurantes sobre el proceso de maduración de la caña de azúcar. El tratamiento Clethodim presentó los mejores resultados, alcanzando los valores más altos de °Brix y POL a los 45 días después de la aplicación, destacándose como el tratamiento más eficiente para favorecer la acumulación de sacarosa. Por otra parte, el tratamiento ABA + Trinexapac-etil mostró mayor reducción en el contenido de humedad del tallo. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas para las variables Brix y humedad; sin embargo, sí se encontraron diferencias significativas para el porcentaje de sacarosa, donde el tratamiento Clethodim superó estadísticamente a los demás. Asimismo, se determinó que la ventana óptima de maduración ocurrió a los 45 días después de la aplicación.

Se concluye que el uso de madurantes químicos influye positivamente en la calidad industrial de la caña de azúcar, siendo Clethodim el tratamiento más eficiente para incrementar la acumulación de sacarosa y mejorar los indicadores de madurez del cultivo.

Palabras clave: Madurantes químicos, caña, ventana post aplicación, BRIX, Pol, humedad.

I. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) constituye uno de los cultivos de mayor relevancia económica en Honduras, siendo la base de la agroindustria azucarera que genera miles de empleos directos e indirectos. Entre las principales empresas productoras se encuentra AZUNOSA, ubicada en El Progreso, Yoro, la cual ha desarrollado un sistema de producción tecnificado orientado a obtener altos rendimientos por hectárea y mantener la calidad del producto final. En este contexto, la eficiencia del cultivo depende en gran medida de una adecuada madurez de la caña previo a la cosecha, ya que de ello se deriva el contenido de sacarosa y la rentabilidad industrial del proceso.

Con el propósito de mejorar la concentración de azúcares en el tallo y sincronizar la maduración del cultivo, en los últimos años se ha incrementado el uso de madurantes químicos. Estos productos, considerados reguladores del crecimiento vegetal, modifican los procesos fisiológicos de la planta al reducir el crecimiento vegetativo y favorecer la acumulación de sacarosa. Su aplicación adecuada permite uniformar la madurez del cultivo y optimizar la eficiencia en la molienda.

Sin embargo, el uso de madurantes requiere un manejo técnico preciso, ya que una aplicación inadecuada puede afectar la calidad del jugo, el desarrollo del cultivo y la rentabilidad económica. Por ello, durante la presente Práctica Profesional Supervisada (PPS) se evaluó la respuesta del cultivo de caña de azúcar ante la aplicación de diferentes madurantes químicos, considerando aspectos agronómicos y económicos bajo las condiciones agroclimáticas del valle de El Progreso, Yoro.

La práctica profesional se desarrolló en la empresa AZUNOSA, donde se analizaron los efectos de los madurantes sobre la madurez fisiológica y la rentabilidad del cultivo. Los resultados obtenidos permitieron generar información técnica relevante para la toma de decisiones dentro del proceso productivo y contribuyeron al fortalecimiento de las prácticas agrícolas orientadas a mejorar la eficiencia y competitividad de la industria azucarera hondureña.

II. OBJETIVOS

2.1. General:

- Evaluar los efectos de diferentes madurantes químicos sobre los indicadores de madurez y rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la empresa Azunosa, El Progreso, Yoro.

2.2. Específicos:

- Determinar cuál de los tratamientos (madurantes químicos) aplicados genera mejores resultados en los indicadores de madurez del cultivo (grados Brix y contenido de sacarosa).
- Evaluar el comportamiento del contenido de humedad del cultivo en respuesta a la aplicación de madurantes químicos.
- Identificar a los cuántos días después de la aplicación de madurantes químicos se obtiene la mayor concentración de sólidos solubles y sacarosa en el cultivo de caña de azúcar.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Origen de la caña de azúcar.

La caña de azúcar es originaria de Nueva Guinea, de donde se distribuyó a toda Asia. Los árabes la trasladaron a Siria, Palestina, Arabia y Egipto, donde se extendió por África. Colón la llevó a las islas del Caribe y de ahí pasó a América tropical. A México llegó con la conquista instalándose las primeras industrias azucareras en las partes cálidas del país como parte de la colonización (Subiros, 2000; Romero, et. al., 2009).

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es uno de los cultivos más importantes en regiones tropicales y subtropicales, debido a su capacidad para producir sacarosa a partir del tallo y sostener una amplia agroindustria basada en azúcar, melaza, etanol y subproductos. Desde la década de 1920 se han realizado ensayos internacionales orientados a comprender su fisiología, maximizar la acumulación de azúcar y mejorar la eficiencia productiva del cultivo. (Romero, et. al., 2009).

La acumulación de sacarosa depende de procesos fisiológicos regulados por factores ambientales como amplitud térmica, precipitación, disponibilidad de humedad en el suelo, radiación y nutrición. La verdadera maduración ocurre cuando aumenta tanto la concentración como la masa total de sacarosa en el tallo. (Romero, et. al., 2009).

Las condiciones climáticas de varias regiones azucareras presentan altos niveles de humedad al inicio de la zafra, lo que limita la maduración natural en el primer tercio. Por ello, existe interés agronómico y económico en utilizar tecnologías que permitan anticipar el punto óptimo de corte. En Guatemala, el uso de maduradores químicos inició formalmente en la zafra 1986–87, alcanzando posteriormente una adopción entre 50 % y 86 % del área administrada por los ingenios. (Romero, et. al., 2009).

3.2. Morfología

3.2.1. Tallo

El tallo es el órgano más importante de la planta de caña de azúcar ya que es el lugar donde se almacena la sacarosa. Conformado por dos tipos de tallo, uno subterráneo denominado rizoma y otro aéreo desarrollado a partir de las yemas de otro tallo mediante la propagación asexual o vegetativa. La caña puede alcanzar entre 3 y 6 m de altura y entre 2 y 5 cm de diámetro. Cada variedad presenta una gran diversidad de colores y combinaciones de estos. La altitud y el clima, en general, son factores que pueden hacer cambiar su color. (Abonamos, s.f.).

3.2.2. Raíz

Sistema radical fibroso, formado por dos tipos de raíces, las raíces de la estaca original se caracterizan por ser muy delgadas, ramificadas con un periodo de vida de tres meses y las raíces permanentes procedentes de los nuevos brotes. El 65% de las raíces se encuentran en los primeros 20 cm de profundidad del suelo y el 80% de ellas se concentran en un radio de 60 cm de la cepa y 60 cm de profundidad. Su longitud, cantidad y tiempo de vida dependen de la variedad y de los factores ambientales, pero generalmente se extiende hasta los 25 a 30 cm de profundidad. (Abonamos, s.f.).

3.2.3. Hojas

Las hojas se originan en los nudos del tallo distribuyéndose en forma alterna, formando dos hileras opuestas en un mismo plano. Cada hoja está formada por la lámina foliar y por la vaina o yagua. El color de la lámina puede variar desde un verde amarillento hasta un verde oscuro. La vaina tiene forma tubular, suele ser de color verde claro, envuelve el tallo y es ancha en la base. A medida que avanza el ciclo de la planta, las hojas se van separando del eje del tallo y toman la posición inclinada que las caracteriza. La posición definitiva depende el grado de aprovechamiento de la energía solar. (Abonamos, s.f.).

3.3. Clasificación Taxonómica

La caña de azúcar fue clasificada por Lineo en 1753, como *Saccharum officinarum* y posteriormente sufrió numerosos intentos de sistematización por diversos autores, tales como: Roxburgh 1932; Hakerel 1887; Hooker 1897. Con el transcurso del tiempo y en la misma medida en el que se producía los adelantos científicos, nuevos intentos en la sistematización de la caña de azúcar se produjeron, entre ellos los estudios de Jeswiet (1919, 1925 y 1927). Estos últimos estudios son en la actualidad los recomendados como válidos para la mayoría de los autores (Daniels y Roach, 1987).

Con base en dicha clasificación, la taxonomía del cultivo se establece de la siguiente manera (Daniels y Roach, 1987).

Sub-división: Angiospermas

Clase: Monocotiledóneas.

Orden: Glumiflorales.

Familia: Gramíneas (Poaceas).

Sub-familia: Panicoideas.

Tribu: Andropogonaceas.

Grupo de sub-tribu: Saccharinae.

Sub-tribu: Saccharastrae.

Género: *Saccharum*.

3.4. Requerimientos edafoclimáticos

La caña de azúcar requiere condiciones agroclimáticas específicas para expresar su máximo potencial productivo, entre ellas tenemos los siguientes requerimientos:

- **Temperatura (°C).** 26-30°C. Óptimos en las distintas etapas: Germinación entre 32°C y 38°C, para el macollamiento 32°C y para el crecimiento 27°C.

- **Precipitación (mm/año).** La precipitación óptima debe ser mayor a 1500 mm/año bien distribuidas. La caña necesita la mayor disponibilidad de agua en la etapa de crecimiento y desarrollo, durante el período de maduración esta cantidad debe reducirse para restringir el crecimiento y lograr el acumulo de sacarosa.
- **Altitud (msnm).** 400-1.300.
- **Humedad relativa (%).** 80 - 85.
- **Luz.** La luz es uno de los factores básicos para la producción de azúcares, por lo que su intensidad es muy importante. Fotoperiodo: 6-9 h/día (de incidencia directa).
- **Suelos.** Textura franca o franco arcillosos, bien drenados, profundos, aireados ricos en materia orgánica y con pH entre 5,5 y 7,5. Topografía plana y semiplana entre 5 -10%.

3.5. Nutrición

Tabla 1. Cantidad de elementos nutrientes extraídos (kg) por tonelada de caña y cantidad de elementos nutrientes para obtener rendimiento proyectado de tallos de caña de azúcar de 50 ton/ha/año.

Elemento	kg/tonelada	kg/50 ton/ha/año
N	4,83	241,5
P2O5	1,325	66,3
K2O	6,26	313,0
CaO	3,2	160,0
MgO	0,89	44,5
Zn	0,0606	3,0
B	0,0588	2,9
S	0,235	11,8
Cu	0,00456	0,2

3.6. Aplicación de madurantes en caña de azúcar

Desde la década de 1920 se han realizado investigaciones sobre el uso de sustancias capaces de inducir la maduración, no solo en caña de azúcar, sino también en cultivos como soya, maíz, piña y sorgo. Una de las prácticas más antiguas consistía en recortar manualmente varias hojas de la planta para aumentar la concentración de sacarosa en el tallo; sin embargo, esta técnica dejó de emplearse con el tiempo (Arcila, 1986).

A lo largo de los años se han evaluado diversas técnicas tanto durante la fase de crecimiento como en la etapa de maduración. En los primeros estudios se probaron estrategias como la fertilización con macro y micronutrientes, la aplicación de enmiendas en el suelo como la cal, el uso de materia orgánica, así como la manipulación del riego y la humedad. También se exploró la provocación de deficiencias de nitrógeno y el ajuste del balance nutricional de la planta. Otras técnicas ensayadas incluían la reducción de la actividad fotosintética, la inhibición de la respiración y la aplicación de defoliantes (Arcila, 1986).

El empleo de sustancias químicas con el fin de mejorar la calidad del jugo de caña se investigó especialmente en regiones donde la temperatura y la precipitación no favorecían la maduración natural (Buenaventura & Yang, 1984). Los primeros ensayos con madurantes se realizaron en países como Hawái, Cuba, India y Australia, utilizando compuestos tales como 2,4-D, ácido giberélico y TBA (2,3,6-triclorobenzoico), aunque en esta primera etapa no se obtuvieron incrementos significativos en la concentración de sacarosa (Azzi et al., 1978; Chacravarti et al., 1956; Coleman et al., 1960; Arcila, 1986).

En Barbados, por ejemplo, tampoco se detectaron mejoras importantes en la calidad de la caña utilizando sustancias como sulfato y nitrato de cobre, nitrato de zinc, glicerol, etanol, fluoruro de sodio, 2,4-D y 2,4,5-T (Arcila, 1986).

A partir de la década de 1970 surgieron compuestos que empezaron a mostrar resultados positivos como madurantes. Entre los más relevantes se encuentran Ethrel, Asulox, Embark, Polaris, Polado

y Roundup, los cuales demostraron eficacia en países como Hawái, Mauricio, Florida, Luisiana, Puerto Rico, Brasil y Sudáfrica. (Arcila, 1986).

Los productos que han mostrado mejor desempeño a nivel internacional son Polaris o glifosina (N-N-bisfosfometil-glicina), Polado (sal sódica de glifosato), Roundup (sal isopropilamina de glifosato) y los reguladores basados en ethephon. Aunque el Roundup se conoce principalmente como herbicida, también puede utilizarse como madurante en caña. En varias regiones tropicales se ha observado que su efecto sobre la maduración puede ser incluso superior al de la glifosina (Clowes, 1980; Eastwood, 1976; Julien, 1977).

Los aumentos en azúcar recuperable suelen notarse desde dos semanas después de la aplicación, obteniéndose resultados más consistentes hacia la sexta semana (Clowes, 1978).

Otros estudios como los realizados por Clowes (1980) y Mill (1980) en Sudáfrica encontraron que tanto Polado como Roundup generaron incrementos significativos en sacarosa cuando se aplicaron en dosis de 1.0 y 0.67 kg/ha de ingrediente activo, elevando el contenido de azúcar entre un 2.7 % y un 8.0 %. Además, se ha documentado que estas aplicaciones no presentan efectos negativos en la productividad de las socas posteriores. (Clowes, 1978).

3.7. Definición de madurantes

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. (Romero ER.; et al, 1997)

También podríamos definirlo como un producto agroquímico que, aplicamos a la planta en determinado momento del cultivo, modifica su estado fisiológico, induciéndola a acumular mayor cantidad de sacarosa. (Asociación de técnicos azucareros de Latinoamérica y el Caribe, 2006:2)

Estos productos aceleran la madurez de la planta y prolongan el período de concentración máxima de la sacarosa del tallo. Típicamente inhiben el crecimiento del meristemo apical. Probablemente,

esto permite que la energía usada ordinariamente para el crecimiento vegetativo sea utilizada para la fabricación y almacenamiento de sacarosa. (Cengicaña, 2006:7)

3.8. Objetivo de la aplicación de los madurantes

La aplicación de madurantes en el cultivo de caña de azúcar tiene como finalidad principal modificar y optimizar las condiciones naturales del proceso de maduración con el propósito de incrementar la concentración de sacarosa en los tallos, sin generar efectos adversos significativos sobre la producción agrícola. Estos productos actúan fisiológicamente sobre la planta reduciendo o desacelerando el crecimiento vegetativo, lo que permite redirigir los foto-asimilados hacia el almacenamiento de carbohidratos en forma de sacarosa. De esta manera, el cultivo alcanza niveles de madurez adecuados incluso en condiciones ambientales poco favorables, como exceso de humedad, temperaturas subóptimas o periodos de baja luminosidad. (Romero *et al.*, 1997 y Solozano, 2003).

El uso de madurantes también contribuye a mejorar la calidad industrial de la caña, ya que favorece la acumulación de sacarosa en los entrenudos apicales, los cuales normalmente permanecen inmaduros al momento de la cosecha. Al inducir una maduración más uniforme a lo largo del tallo, se incrementa no solo la concentración de azúcar, sino también la eficiencia del proceso de molienda y la recuperación de azúcar en fábrica. (Subirós, 2010).

Además, estos productos provocan un desecamiento gradual y controlado del follaje, lo que facilita operaciones como el despuntado y reduce la cantidad de material no caña conocido como “trash” que llega a los ingenios. Esto se traduce en una disminución de impurezas, menor desgaste de la maquinaria de molienda y un incremento en la eficiencia global del proceso industrial. (Subirós, 2010).

Silva y Caputo (2012) señalaron que los maduradores son reguladores de crecimiento que poseen la capacidad de producir cambios morfológicos y fisiológicos en el cultivo. Estos actúan sobre las invertasas, lo que propician el paso de los azúcares reductores (glucosa y fructosa) a sacarosa en la caña de azúcar, y reduciendo el crecimiento de la planta.

En conjunto, el objetivo de los madurantes no se limita únicamente a elevar el contenido de sacarosa, sino también a mejorar la uniformidad de la madurez dentro del lote, optimizar el momento de cosecha, incrementar el rendimiento industrial, facilitar las labores de campo y mejorar la calidad general de la materia prima que ingresa a fábrica (Romero *et al.*, 1997 y Solozano, 2003).

Por ello, su aplicación se ha convertido en una herramienta estratégica para mejorar la competitividad del cultivo y asegurar un aprovechamiento más eficiente del potencial productivo de cada hectárea cosechada (Romero *et al.*, 1997).

3.9. Madurantes químicos utilizados en el ensayo

3.9.1. Clethodim

El Clethodim, como madurador de la caña de azúcar, se encuentra citado en Costa Rica como un herbicida que, en subdosis, muestra un alto poder madurante con 90 gr i.a./ha, no observándose efectos negativos en los rebrotes de la caña después de la cosecha (1,2) (EEAOC, 2005).

También fue estudiado en Guatemala, en donde obtuvieron los mayores incrementos en el contenido de azúcar con 84 gr i.a./ha (3). Sin embargo, la información específica a nivel mundial es escasa, aún en los países nombrados anteriormente (EEAOC, 2005).

Este es un herbicida postemergente específico de gramíneas, derivado de la Ciclohexadiona; es un inhibidor de la síntesis de lípidos. Actúa inhibiendo la síntesis de ácidos grasos, impidiendo la acción del acetyl coenzima A carboxilasa (ACCasa), los cuales son indispensables para la formación de los fosfolípidos, componentes esenciales de las membranas celulares, cuya carencia provoca la desorganización de los tejidos (EEAOC, 2005).

Es de acción sistémica, se absorbe rápidamente por el follaje translocándose por apoplasto y simplasto hacia los meristemas, donde ejerce su acción. En el tejido foliar se produce la desesterificación, liberándose el ácido, que es el compuesto con actividad herbicida.

El Cletodim, aplicado como madurador en caña de azúcar, produce efectos visuales marcados y rápidos, similares a los que se visualizan por la aplicación de Fluazifop. (EEAOC, 2005)

Entre los síntomas provocados, se destaca la muerte de las hojas jóvenes no expandidas, sin mostrar efectos sobre las hojas verdes liguladas, ya expandidas, lo que resulta importante a fin de mantener la fotosíntesis. (EEAOC, 2005)

También se aprecia la formación de un anillo necrótico oscuro, a partir de la 2ª semana desde la aplicación, y el desprendimiento del sector apical por encima del mismo, efecto conocido como "despuntado químico". Esto impide la producción de nuevos entrenudos y provoca una disminución del crecimiento de los entrenudos inmaduros ya formados. De esta forma, causa un aumento del almacenamiento de azúcar en todos los canutos de la caña, pero con mayor intensidad en los apicales. A pesar de la formación de este anillo necrótico, no se manifiesta la podredumbre de los entrenudos que forman parte del tallo molible, ya que los tejidos muertos presentaban una consistencia seca. (EEAOC, 2005)

3.9.2. ABA

El ácido abscísico (ABA) es una fitohormona natural que desempeña un papel fundamental en la regulación del crecimiento, el desarrollo y la respuesta al estrés en las plantas. En el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), el ABA se asocia con el proceso fisiológico de maduración, ya que actúa inhibiendo el crecimiento vegetativo y favoreciendo la acumulación de sacarosa en los entrenudos del tallo. Aunque no se utiliza de forma generalizada como madurante químico comercial, su acción fisiológica contribuye de manera indirecta al incremento del contenido de azúcares cuando la planta entra en condiciones de estrés moderado, como sequía o bajas temperaturas (Taiz et al., 2015).

El mecanismo de acción del ABA se basa en la reducción de la elongación celular, la inhibición de la dominancia apical y el cierre estomático, lo que disminuye la transpiración y el crecimiento activo de la planta. Como consecuencia, los fotoasimilados producidos durante la fotosíntesis se

redirigen hacia el tallo, incrementando la concentración de sacarosa y acelerando la maduración fisiológica de la caña (Moore & Botha, 2014).

La sintomatología asociada a la acción del ABA en la caña de azúcar incluye una disminución del crecimiento de nuevos brotes, hojas ligeramente más rígidas y una reducción del vigor vegetativo general. Asimismo, se observa un mayor llenado de los entrenudos y un aumento progresivo de los valores de grados Brix. En condiciones de exceso de ABA o estrés severo, pueden presentarse síntomas leves como amarillamiento de hojas basales y reducción del área foliar activa, sin llegar a provocar una desecación marcada del follaje (Salisbury & Ross, 2012).

Entre las principales características del ABA como regulador de la maduración se destaca su origen natural, su acción como regulador fisiológico más que como desecante y su fuerte dependencia de factores ambientales, varietales y nutricionales. Su efecto se ve potenciado en condiciones de restricción hídrica controlada, lo que explica su importancia en la maduración natural de la caña de azúcar en regiones con estaciones secas bien definidas, como las zonas cañeras de Centroamérica (Moore & Botha, 2014).

3.9.3. FOSTANK

FOSTANK es un madurante químico utilizado en el cultivo de la caña de azúcar cuya función principal es acelerar y uniformar el proceso de maduración, favoreciendo la acumulación de sacarosa en los tallos antes de la cosecha.

Actúa como un regulador fisiológico del crecimiento, más que como un fertilizante tradicional, ya que no busca incrementar el desarrollo vegetativo de la planta, sino modificar su metabolismo en la etapa final del cultivo. Su formulación, basada en fósforo en formas fácilmente asimilables, interviene en los procesos energéticos de la planta, especialmente en la transferencia de energía (ATP), lo que permite una mejor redistribución de los fotoasimilados.

Al ser aplicado cuando la caña ha alcanzado su máximo crecimiento, FOSTANK reduce la elongación del tallo y la emisión de nuevos brotes, limitando el crecimiento vegetativo y

provocando que la energía producida por la fotosíntesis se dirija principalmente a la acumulación de azúcares en los entrenudos. Como resultado, se incrementan los valores de °Brix y sacarosa, se logra una maduración más uniforme del cultivo y se mejora el rendimiento industrial.

Además, su uso contribuye a disminuir el rebrote previo a la cosecha y a obtener tallos más maduros y consistentes, lo que facilita una cosecha más eficiente y con mejor calidad de materia prima para la industria azucarera.

3.9.4. Trinexapac-etil

El trinexapac-etil es un regulador de crecimiento vegetal utilizado como madurante químico en el cultivo de la caña de azúcar, cuya función principal es reducir el crecimiento vegetativo y favorecer la acumulación de azúcares en los tallos en la etapa previa a la cosecha. Su acción se basa en la inhibición de la biosíntesis de giberelinas, hormonas responsables del alargamiento celular y del crecimiento activo de la planta.

Al bloquear parcialmente la producción de estas hormonas, el trinexapac-etil disminuye la elongación de los entrenudos y la emisión de nuevos brotes, sin afectar de manera significativa la fotosíntesis. Como consecuencia, los carbohidratos producidos por la planta dejan de destinarse al crecimiento vegetativo y se redirigen hacia la acumulación de sacarosa en el tallo, aumentando los valores de °Brix, pureza y rendimiento industrial.

Además, este regulador permite una maduración más uniforme del cultivo, mejora la consistencia y firmeza de los tallos y reduce el rebrote previo a la cosecha. Aplicado generalmente entre 30 y 60 días antes del corte, cuando la caña ya ha alcanzado su desarrollo máximo, el trinexapac-etil se convierte en una herramienta eficaz para optimizar la calidad de la caña cosechada, especialmente en condiciones donde el crecimiento vegetativo excesivo retrasa la maduración natural

IV. MATERIALES Y METODO

4.1. Descripción del lugar

La investigación se llevó a cabo en AZUNOSA (Azucarera del norte S.A.), ingenio ubicado en el municipio de El Progreso, Departamento de Yoro, Finca No. 7, Las Guanchías, con coordenadas latitud: 15.28419° N y longitud: -87.88811° O



Figura 1. Descripción del lugar de la práctica.

4.2. Material vegetal

Ensayo realizado en variedad comercial (CGMEX10-26315).

4.3. Materiales y equipo:

Para poder llevar a cabo el proceso metodológico que corresponden al ensayo, se hizo uso de los siguientes materiales:

- Dron de aplicación (DJI AGRAS T50)
- Madurantes químicos: Select (Clethodim), SugarMax (ABA), trinexapac-etil y FOSTANK.
- Herramientas agrícolas: machete, lima, etc.

4.4. Fases introductorias del inicio de PPS

Fase 1. Inducción

Con el propósito de familiarizarse con el personal operativo de AZUNOSA, se llevó a cabo una reunión de presentación coordinada por el departamento de Recursos Humanos. Durante esta etapa se brindó una inducción general sobre el reglamento interno, la estructura organizativa, las normas de seguridad y los principales protocolos técnicos que rigen los procesos productivos de la empresa. Esta fase permitió comprender el funcionamiento institucional y las responsabilidades dentro del sistema productivo.

Fase 2. Reconocimiento

Posteriormente, se realizó un recorrido de campo junto al ingeniero asignado, visitando la mayoría de los lotes en producción que administra la empresa. El objetivo fue identificar las variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) establecidas, conocer su estado fenológico y evaluar posibles áreas para la implementación del ensayo. Esta fase permitió seleccionar lotes con características agronómicas adecuadas para el desarrollo del proyecto.

Fase 3. Desarrollo

Se realizó un método observacional, participativo y descriptivo, correspondiente al periodo de 19 enero al 19 de abril de 2026, cumpliendo un total de 600 horas, principalmente se apoyó a el área de investigación y desarrollo en diversas labores como; muestreo de precosecha, curamiento de semillas, muestreos de bioestimulantes, todo esto para ir fortaleciendo nuestras capacidades y una buena toma de decisiones al momento de implementar el ensayo

4.5. Manejo del experimento

El experimento se llevó a cabo en la aldea de Arena Blanca, El Progreso, Yoro en la Finca El Ceibón, lote #3, bajo un diseño experimental en parcelas, el cual se adaptó a la orientación de los surcos del lote y facilitó la aplicación mediante el dron utilizado. En este ensayo se evaluaron tres tratamientos más un testigo absoluto, cada uno con cuatro repeticiones.

El área total del lote fue de 8.57 hectáreas, de las cuales 8.50 hectáreas se consideraron como área útil. Se evaluaron cuatro tratamientos, con cuatro repeticiones, cada tratamiento se distribuyó en parcelas de 0.5 hectáreas por cada repetición para un total de 2.12 ha/tratamiento, asegurando así una asignación equitativa del área (Anexo 1 y Anexo 2).

Este diseño permitió que todos los tratamientos se desarrollaran bajo condiciones similares, garantizando una adecuada expresión de su potencial de acción (Tabla 2).

En el ensayo se evaluaron los siguientes tratamientos:

Tabla 2. Descripción de los Tratamiento (madurantes químicos)

Tratamiento	Descripción	Dosis/ha
T -1	FOSTANK ()	2 LT/Ha
T – 2	Seelect (Clethodim 12 EC)	0.30 Lt/Ha
T – 3	Azumax (Trinexapac-etil + ABA)	0.50 Lt/ha-0.036 Lt/Ha
T – 4	Testigo Absoluto	-

4.6 Desarrollo de la practica

La aplicación de los madurantes químicos se realizó a los 11.8 meses de edad del cultivo, etapa considerada adecuada para inducir y favorecer el proceso de maduración.

Para la aplicación de los madurantes, se utilizó un dron DJI AGAS T-50, lo cual permitió una distribución homogénea de los productos sobre el área experimental.

Para la correcta aplicación se consideraron tales parámetros como baja velocidad del viento, ausencia de lluvias y una correcta calibración del equipo, con el fin de evitar variaciones que pudieran afectar los resultados del ensayo.

4.6.1 Parámetros climáticos

Para la aplicación de madurantes químicos en el cultivo de caña de azúcar es fundamental considerar diversos parámetros, tanto fisiológicos del cultivo como edafoclimáticos. Entre estos últimos destacan la velocidad del viento, la humedad relativa y la temperatura ambiental, ya que influyen directamente en la eficiencia de absorción y acción del producto.

Existen rangos óptimos para la aplicación que deben respetarse para evitar pérdidas por deriva, evaporación o baja efectividad. En este sentido, el uso de la tabla “Delta T” permite evaluar las condiciones ambientales al momento de la aplicación, facilitando la toma de decisiones y asegurando que se realice dentro de los rangos adecuados (tabla 4).

Tabla 3. Parámetros permitidos para aplicaciones de madurantes químicos

Humedad	60-80
Velocidad del viento	Menor a 5 km/h
Temperatura	Menores a 30 (°C)

4.6.2 Volumen utilizado para la aplicación

Tabla 3. volumen utilizado en el ensayo T1.

TRATAMIENTO 1. FOSTANK

Regulador de PH (Pentamins)	0.029 KG
Coadyuvantes (SuperGun)	0.012 LT
Aceite Vegetal (Agro Oil)	2.12 LT
FOSTANK	4.24 LT

Tabla 4. Volumen utilizado en el ensayo T2.

TRATAMIENTO 2. CLETHODIM

Regulador de PH (Pentamins)	0.029 KG
Coadyuvantes (SuperGun)	0.012 LT
Limoneno (Limon oil)	0.32 LT
CLETHODIM (Select)	0.64 LT

Tabla 5. Volumen utilizado en el ensayo T3.

TRATAMIENTO 3. TRINEXAPAC-ETIL + ABA

Regulador de PH (Pentamins)	0.029 KG
Coadyuvantes (SuperGun)	0.012 LT
Limoneno (Limon oil)	0.32 LT
ABA	0.07 KG
TRINEXAPAC-ETIL	1.06 LT

En cuanto al proceso de muestreo, este se realizó de manera aleatoria en cada una de las repeticiones, con el objetivo de garantizar la representatividad de los datos. En cada repetición se seleccionaron ocho plantas, distribuidas de la siguiente manera: tres tallos primarios, tres tallos secundarios, un tallo terciario y un tallo mamón.

En total, se evaluaron 32 tallos por tratamiento, considerando las cuatro repeticiones del ensayo. Este número de unidades experimentales permitió obtener una base de datos sólida para el análisis de los resultados.

Esta metodología permitió obtener una muestra representativa de los diferentes tipos de tallos presentes en el lote, garantizando mayor confiabilidad y precisión en los datos recolectados.

Las evaluaciones se realizaron en diferentes momentos después de la aplicación:

Tabla 6. Toma de datos.

TOMA DE DATOS FINCA EL CEIBÓN LOTE#3	
Toma 1.	1-5 días previo a la aplicación de los madurantes.
Toma 2.	14-15 días post aplicación de los madurantes.
Toma 3.	30-31 días post aplicación de los madurantes.
Toma4.	44-45 días post aplicación de madurantes.

4.7. Variables evaluadas:

- Grados Brix.
- Sacarosa (POL).
- Humedad del tallo

4.7.1 Determinación de variables BRIX, POL y Humedad

El porcentaje de las variables (Brix, POL y humedad) se determinó a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de los madurantes.

= Lectura directa de laboratorio de AZUNOSA.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 7. Resultados de variables durante el periodo de estudio.

Muestreo (días)	Tratamientos	Brix	Pol	Humedad
-1	FOSTANK	14.29	12.38	73.57
15		14.78	13.07	73.21
30		15.9	13.75	71.72
45		15.74	13.61	71.42
-1	Select (Clethodim)	14.38	12.62	72.87
15		15.21	13.7	72.36
30		16.21	13.64	71.36
45		16.57	14.8	71.36
-1	SugarMax (Trienxapac etil+ABA)	14.43	12.28	73.2
15		14.26	12.99	73.51
30		15.84	12.98	71.57
45		15.85	14.15	71.18
-1	Testigo Absoluto	14.39	12.48	73.51
15		14.68	12.54	72.86
30		15.87	13.39	71.41
45		15.88	14.06	71.65

Grados Brix

Para la variable de grados Brix no existe diferencia estadística significativa (Anexo 4), sin embargo, mostraron un incremento progresivo en todos los tratamientos a lo largo del periodo de evaluación (0, 15, 30 y 45 días), evidenciando el proceso de acumulación de sólidos solubles en la caña de azúcar. Este incremento no fue lineal, sino que siguió una tendencia cuadrática, donde la

tasa de acumulación es mayor en etapas intermedias y tiende a estabilizarse hacia los 45 días (Figura 2).

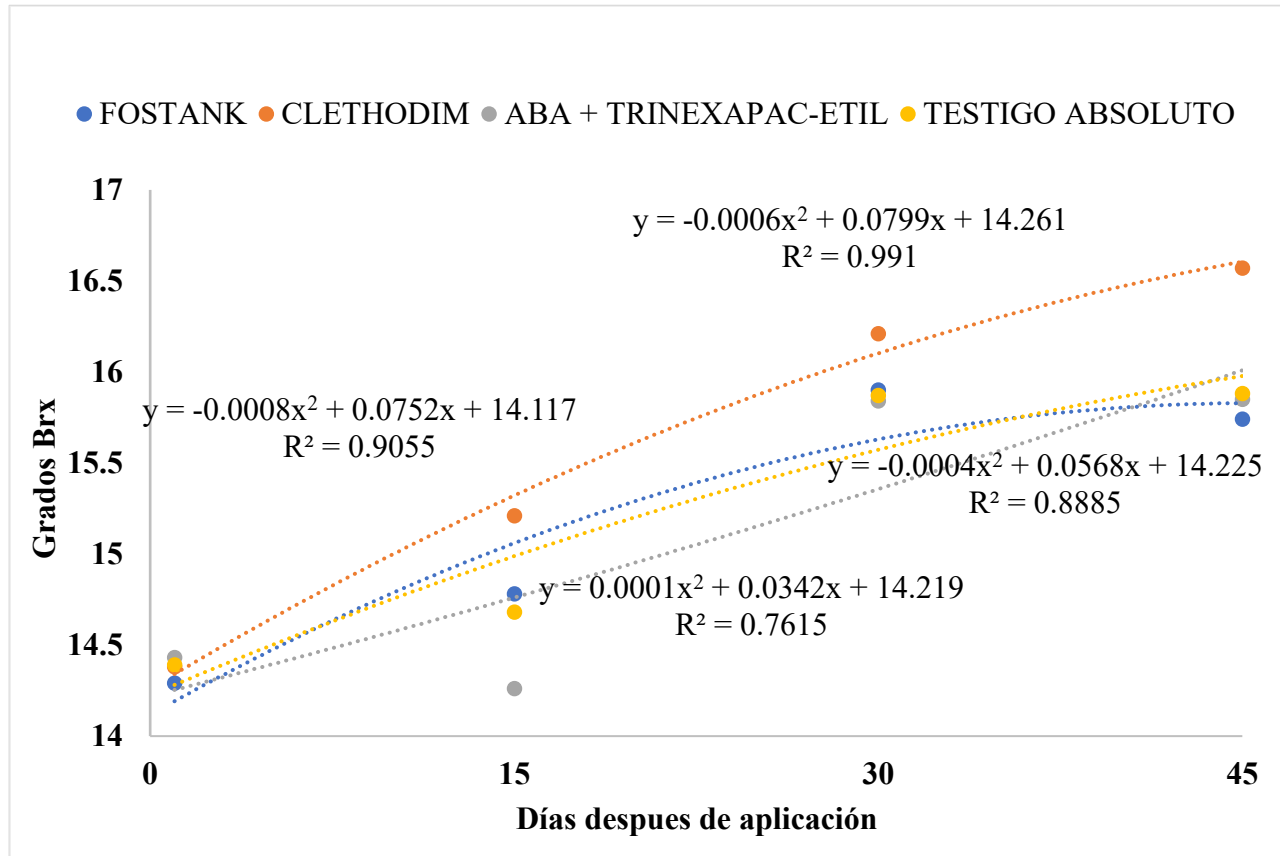


Figura 2. Resultados de evaluación de los madurantes químicos en grados Brix.

Previo a la aplicación de los madurantes químicos los valores fueron bastante similares entre tratamientos. A los 15 días, el tratamiento con Clethodim (T2) mostró el mayor incremento, posicionándose como el tratamiento con mayor concentración de azúcares en esta etapa temprana, lo cual coincide con la mayor pendiente inicial observada en su curva.

En la ventana de 30 días, el tratamiento Clethodim (T2) volvió a destacar con el valor más alto de Brix, seguido muy de cerca por los demás tratamientos, mientras que Fostank (T1) alcanzó su punto máximo de velocidad de acumulación en esta etapa, como sugiere la curvatura de su modelo cuadrático. Finalmente, en la ventana de 45 días, el tratamiento Clethodim (T2) presentó el mayor valor absoluto de Brix (16.57), consolidándose como el tratamiento más eficiente en la

acumulación de azúcares, aunque con una clara tendencia a la estabilización (disminución de la pendiente).

En términos de ganancia total (0–45 días), el tratamiento Clethodim (T2) obtuvo el mayor incremento (+2.3 Brix), superando a Fostank (+1.9), ABA + Trinexapac-etil (+1.8) y el testigo (+1.7). En conjunto, la forma cuadrática de las curvas confirma que Clethodim no solo fue el tratamiento más efectivo, sino también el que mantuvo una acumulación más sostenida a lo largo del tiempo, especialmente en las etapas clave de maduración (15, 30 y 45 días), antes de entrar en una fase de menor incremento.

Cabe recalcar que estas evaluaciones se hicieron con alta frecuencias de precipitaciones a lo largo del estudio, factor que pudo influir negativamente en el aumento de grados brix.

Porcentaje de sacarosa (POL)

El porcentaje de sacarosa (POL) presentó diferencia estadística significativa entre tratamientos (Anexo 4), con un incremento progresivo a través del tiempo, lo cual refleja el avance del proceso de maduración del cultivo. Este incremento siguió una tendencia cuadrática, mostrando que la acumulación de sacarosa no es constante, sino que varía en intensidad según la etapa fenológica (Figura 3).

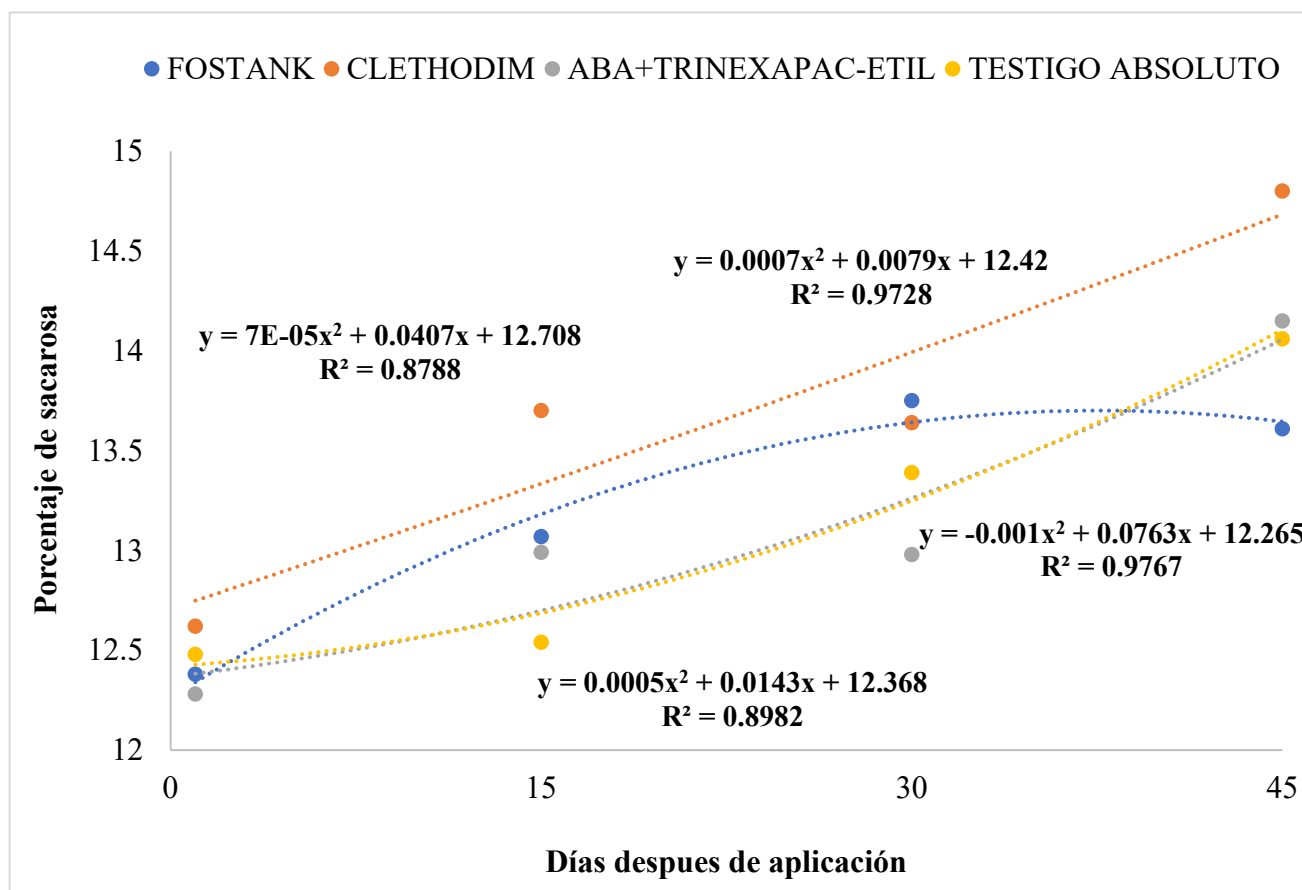


Figura 3. Porcentaje de sacarosa (POL) en los madurantes químicos aplicados.

El ensayo inició con valores homogéneos en todos los tratamientos antes de la aplicación de los madurantes químicos.

A los 15 días, el tratamiento Clethodim (T2) mostró nuevamente el mayor contenido de sacarosa, indicando una respuesta temprana más eficiente al efecto del madurante, asociada a una mayor

pendiente inicial en su modelo cuadrático. En la ventana de 30 días, el tratamiento Fostank (T1) alcanzó su valor máximo de POL; sin embargo, su curva presenta una tendencia a estabilizarse posteriormente, a diferencia de Clethodim (T2), que mantuvo una trayectoria ascendente más sostenida.

Para la ventana de 45 días, el tratamiento Clethodim (T2) presentó el mayor valor de POL (14.8), superando a todos los demás tratamientos y consolidándose como el más eficiente en la acumulación de sacarosa al final del periodo. Esta superioridad se explica por la forma de su curva cuadrática, que mantiene una tendencia creciente sin evidencia marcada de saturación.

En términos de ganancia total (0–45 días), T2 también mostró el mayor incremento (+2.0), seguido de T3 (+1.8), T4 (+1.7) y T1 (+1.6). En conjunto, la modelación cuadrática refuerza que el tratamiento Clethodim (T2) no solo lideró en valores absolutos, sino que sostuvo una dinámica de acumulación más consistente durante todo el periodo.

Sin embargo, es importante mencionar que las condiciones ambientales, específicamente la alta frecuencia de precipitaciones durante el periodo experimental, pudieron influir en los resultados obtenidos. A pesar de esta condición, el tratamiento T2 logró sobresalir, lo que refuerza su efectividad como madurante incluso bajo condiciones no completamente favorables, manteniendo una tendencia ascendente más estable en comparación con los demás tratamientos.

Humedad (%)

Para la variable de porcentaje de humedad no existe diferencia estadística significativa, pero esta mostró una tendencia relativamente estable con ligeras disminuciones a lo largo del periodo de evaluación, lo cual puede atribuirse a las condiciones climáticas del ensayo, caracterizadas por alta precipitación (figura4).

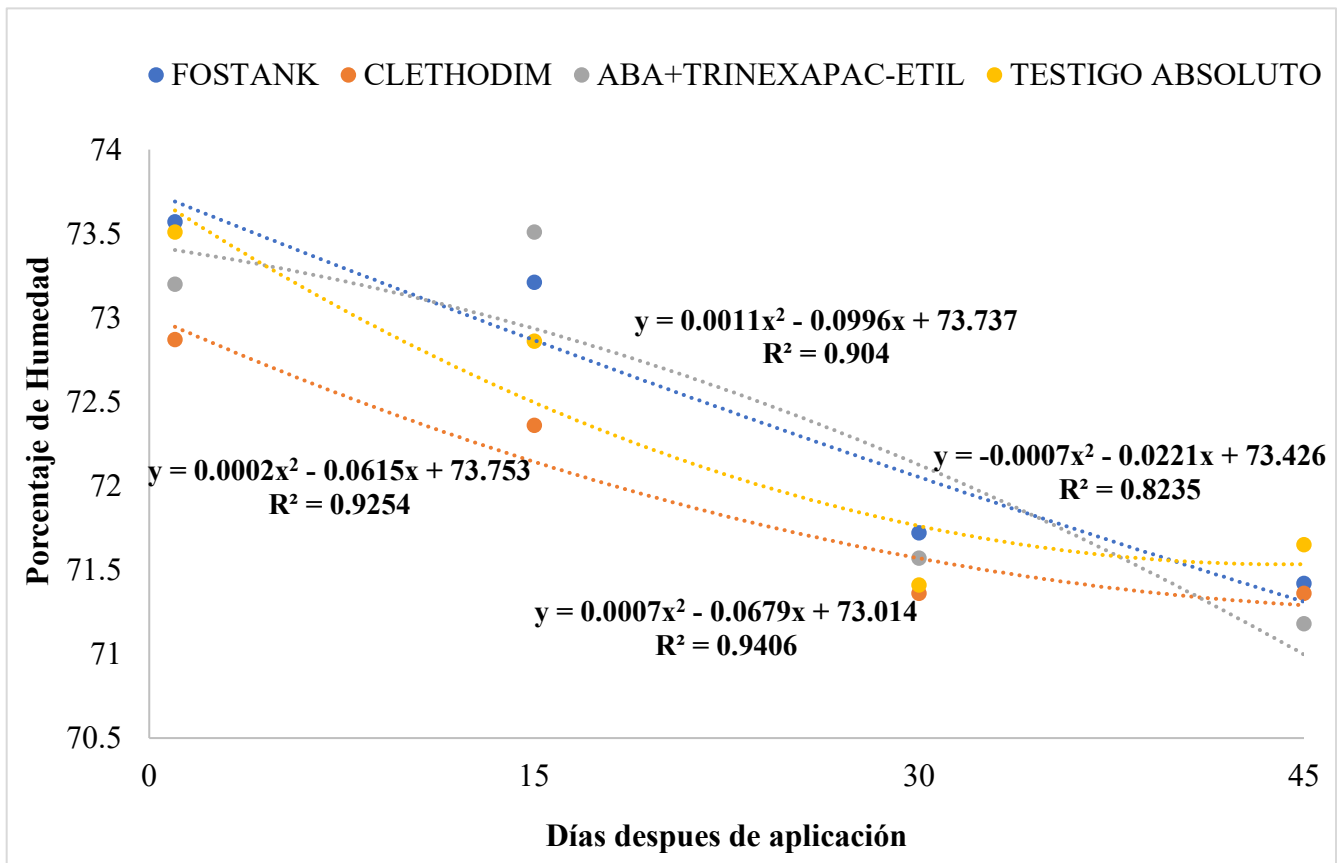


Figura 4. Resultados de evaluación de reducción de humedad.

Previo a la aplicación de los madurantes químicos los valores iniciales eran similares entre tratamientos.

A los 15 días, el tratamiento Clethodim (T2) continuó mostrando los valores más bajos de humedad, indicando una ligera ventaja en la reducción del contenido hídrico en etapas tempranas.

En la ventana de 30 días, el tratamiento ABA + Trinexapac-etil (T3) comenzó a destacar con menores valores de humedad en comparación con los demás tratamientos.

Finalmente, en la ventana de 45 días, el tratamiento ABA + Trinexapac-etil (T3) presentó el menor contenido de humedad, consolidándose como el más eficiente en la reducción de agua en los tejidos de la caña. En términos de reducción total (0–45 días), T3 mostró la mayor disminución (-2.3%), seguido de T1 (-2.0%), T4 (-1.9%) y T2 (-1.8%).

Esto indica que, aunque Clethodim (T2) tuvo mejor desempeño en etapas iniciales, el tratamiento ABA + Trinexapac-etil (T3) fue el ganador en la reducción de humedad al final del periodo.

En términos generales, los resultados confirman que las condiciones climáticas jugaron un papel importante en el comportamiento de la variable humedad, afectando indirectamente los indicadores de calidad (Brix y POL), debido a la relación inversa existente entre el contenido de agua y la concentración de azúcares en la caña de azúcar.

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó que la aplicación de madurantes químicos influye positivamente en los indicadores de madurez de la caña de azúcar, reflejado en el incremento progresivo de los grados Brix y el contenido de sacarosa (POL) en todos los tratamientos evaluados.
- El tratamiento T2 (Clethodim) fue el más eficiente, ya que presentó los valores más altos tanto en Brix como en porcentaje de sacarosa al final del periodo de evaluación, evidenciando una mayor capacidad para inducir la maduración del cultivo.
- Se presentó una reducción gradual en el contenido de humedad a lo largo del periodo de evaluación, con valores mínimos registrados en la ventana de 45 días. El tratamiento T3 (ABA + Trinexapac-etil) evidenció la mayor disminución (-2.3%), lo que sugiere una mayor acumulación de azúcares y un efecto significativo en la aceleración del proceso de maduración del cultivo.
- La mayor concentración se alcanzó en la ventana de 45 días, confirmando que este periodo corresponde al punto óptimo de acumulación de sacarosa.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso del madurante Clethodim debido a su mayor efectividad en la mejora de los indicadores de calidad del cultivo; asimismo, es fundamental aplicar los madurantes en el momento adecuado del ciclo fenológico de la caña de azúcar para maximizar su efecto, considerando previamente las condiciones climáticas, ya que factores como la precipitación pueden influir en los resultados.
- Para favorecer la deshidratación y concentración de azúcares, se recomienda el uso de ABA + Trinexapac-etil (T3), sobre todo en zonas con alta humedad ambiental, y programar la cosecha hacia los 45 días después de la aplicación.
- De igual manera, se sugiere realizar monitoreos periódicos posteriores a la aplicación para evaluar la respuesta del cultivo, así como incluir en futuros estudios la evaluación del rendimiento en toneladas por hectárea y la realización de análisis económicos más detallados que permitan determinar la rentabilidad del uso de estos productos.
- Se recomienda seguir con la investigación sobre la aplicación de madurantes químicos en el cultivo de caña de azúcar bajo condiciones climáticas más favorables, especialmente en periodos con menor variabilidad ambiental y ausencia de precipitaciones intensas durante y después de la aplicación. De esta manera, las condiciones climáticas óptimas permitirán validar los resultados obtenidos, mejorar la precisión de las conclusiones y fortalecer la toma de decisiones en el manejo agronómico del cultivo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CENGICAÑA. 2012. CENGICAÑA. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. CENGICAÑA, Guatemala. (en línea, sitio web). Consultado el 26 de noviembre. 2025. Disponible en: <https://www.cengicana.org>.

Clements, H.F. 1962. Clements, H.F. Elements of sugarcane ripening. Hawaii Agricultural Experiment Station. (en línea, sitio web). Consultado el 26 de noviembre. 2025. Disponible en: <https://www.ctahr.hawaii.edu>.

Espinoza, G., Morales, J., Ufer, C., Montepeque, R. & Aguerre, I. 2010. Efecto del glifosato aplicado como madurante en el rebrote de caña de azúcar. Memoria de investigación 2009–2010. CENGICAÑA, Guatemala. (en línea, sitio web). Consultado el 26 de noviembre. 2025. Disponible en: <https://www.cengicana.org>.

Espinoza, G., Corado, M., Martínez, M., Echeverría, C. & Pineda, J. 2013. Efecto de madurantes no herbicidas. Memoria de investigación Zafra 2012–2013. CENGICAÑA, Guatemala. (en línea, sitio web). Consultado el 26 de noviembre. 2025. Disponible en: <https://www.cengicana.org>.

Pereira, G.A.M., Costa, C., Almeida, M. & Pereira, G.S. 2011. Atividade das invertases e acúmulo de sacarose na cana-de-açúcar. Universidade Federal de Viçosa (UFV), Brasil. (en línea, sitio web). Consultado el 26 de noviembre. 2025. Disponible en: <https://www.periodicos.ufv.br>.

Ficha técnica cultivo de caña de azúcar —. 2025. (en línea, sitio web). Consultado el 26 de noviembre. 2025. Disponible en <https://www.abonamos.com/cana-de-azucar>.

T. y Jorge Arcila A., FV. 2025. Uso de Madurantes (en línea, sitio web). Consultado el 26 de noviembre. 2025. Disponible en https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seridados/libro_el_cultivo_cana/libro_p31_5-335.pdf.

2025. (en línea, sitio web). Consultado el 26 de noviembre. 2025. Disponible en https://biblioteca.uajms.edu.bo/opac_css/doc_num.php?explnum_id=3948.

Morales, J. & Espinoza, G. 2014. Inducción química de la maduración en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en la Costa Sur de Guatemala. CENGICANÑA, Guatemala. (en línea, sitio web). Consultado el 26 de noviembre. 2025. Disponible en <https://www.cengicana.org>.

Lembke Donis, P. R. 2007. Evaluación semicomercial y análisis de rentabilidad de diferentes tipos de madurantes aplicados al cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), para cuatro fincas de Ingenio Magdalena, S.A. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. (en línea, sitio web). Consultado el 26 de noviembre. 2025. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu>.

Espinoza, G. 2011. Maduración de la caña de azúcar y floración de la caña de azúcar y su manejo. CENGICANÑA, Guatemala. (en línea, sitio web). Consultado el 26 de noviembre. 2025. Disponible en <https://www.cengicana.org>.

ANEXOS

Anexo 1. Distribución de los tratamientos.



Anexo 2. Croquis del diseño experimental.

DISEÑO EXPERIMENTAL FINCA EL CEIBON LOTE 3
APLICACIÓN DE MADURANTES

0.53ha	0.53ha	0.53ha	0.53ha	0.53ha	0.53ha	0.53ha	0.53ha	0.53ha	0.53ha	0.53ha	0.53ha	0.53ha	0.53ha	0.53ha	0.53ha	
T1-R1	T2-R1	T3-R1	T4-R1	T3-R2	T4-R2	T1-R2	T2-R2	T3-R3	T2-R3	T4-R3	T1-R3	T3-R4	T1-R4	T2-R4	T4-R4	

Anexo 3. Parámetros climáticos a considerar.



Anexo 4. Anava de tratamientos evaluados.

Tratamiento	BRIX caña	Humedad caña	POL caña
FOSTANK	15.18_A	72.48_A	13.2_AB
Clethodim	15.59_A	71.99_A	13.69_A
ABA+Trinexapac-etil	15.09_A	72.36_A	12.99_B
Testigo Absoluto	15.2 A	72.36 A	13.23 AB

En cuanto a los valores promedio finales, los grados brix no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, ya que todos comparten la misma categoría (“A”). Esto indica que, aunque numéricamente el tratamiento T2 mostró el mayor valor (15.59), seguido del T4 (15.2), T1 (15.18) y T3 (15.09), estas diferencias no son suficientemente grandes para considerarse estadísticamente distintas.

Para la humedad de la caña, tampoco se observaron diferencias significativas entre tratamientos, manteniéndose todos dentro del mismo grupo (A), con valores muy cercanos entre sí (72%). Esto sugiere que ninguno de los tratamientos afectó de manera diferencial el contenido de agua en la caña.

En contraste, el porcentaje de sacarosa (POL) sí mostró diferencias estadísticas. El tratamiento T2 (13.69_A) se ubicó en el grupo superior, siendo significativamente mayor que EL T3 (12.99_B), que presentó el valor más bajo. Por su parte, T1 (13.2_AB) y el T4 (13.23_AB) se ubicaron en un grupo intermedio, sin diferir estadísticamente ni del mejor tratamiento ni del de menor valor,

En conjunto, estos resultados confirman que, aunque los tratamientos no generaron cambios significativos en grados brix ni en humedad, el uso de Clethodim sí tuvo un efecto positivo y significativo sobre la acumulación de sacarosa (POL), consolidándolo como el tratamiento más eficiente en términos de calidad industrial de la caña.

Anexo 8. Insumo químico utilizado en el ensayo (T1).



Anexo 7. Insumo químico utilizado en el ensayo (T3).



Anexo 6. Insumo químico utilizado en el ensayo (T2).



Anexo 5. Barril de mezclas de volumen de aplicación.



Anexo 10. Mapeo de dron de aplicaciones



Anexo 9. Dron DJI AGAS T-50

