

Uso de dos moléculas de madurantes no herbicidas aplicadas mediante drones versus la maduración natural en cultivos de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) durante Zafra 2021/2022 de Ingenio La Cabaña S.A. de C.V.

*Use of two non-herbicide ripener molecules applied by drone versus natural ripening in Sugarcane (*Saccharum officinarum*) crops during Zafra 2021/2022 of Ingenio La Cabaña S.A. de C.V.*

Mendoza-Mendoza, Gerson Gustavo¹
López-Solano, Stephanie Ivette²

Resumen

Con el propósito de evaluar los efectos del uso de los madurantes no herbicidas en cultivos de caña de azúcar Moddus 25 ° (Trinexapac-Etil), Organosato °, se evaluaron en cultivos de caña de azúcar variedad CP 722086 de la Cooperativa San Francisco, Suchitoto, Cuscatlán. Los resultados expresados indican que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, los tratamientos que presentaron mejores resultados fueron: Moddus 25 °, posteriormente el uso de Organosato °, por lo cual se recomienda el uso de madurantes no herbicidas en el cultivo de caña de azúcar para el mejoramiento de rendimiento del cultivo.

Palabras clave:

Sacharum officinarum, Rendimiento, Dron, Tratamiento

Abstract

In order to evaluate the effects of the use of non-herbicide ripening agents in sugar cane crops Moddus 25 ° (Trinexapac-Ethyl), Organosate °, were evaluated in sugar cane crops variety CP 722086 of the Cooperative San Francisco, Suchitoto, Cuscatlán. The results indicate that there is no significant difference between treatments, however, the treatments that showed better results were: Moddus 25 °, then the use of Organosate °, so it is recommended the use of non-herbicide maturants in the sugar cane crop to improve crop yield.

Keywords:

Sacharum officinarum, Performance, Drone, Treatment.

¹ Ingeniero Agroindustrial, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola. Universidad Dr. José Matías Delgado. E-mail: germ110395@gmail.com

² Ingeniera en Alimentos, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola. Universidad Dr. José Matías Delgado. E-mail: sstephls96@gmail.com

Introducción

La caña de azúcar se origina en el sudeste asiático y es traída a América por medio de la conquista española. La principal fuente de azúcar en la planta se encuentra en su tallo y para llegar a ella es preciso el uso de cuchillas desmenuzadoras y posteriormente son traspasadas al ingenio.

Hoy en día el cultivo de caña de azúcar se ha convertido en una de las principales actividades agrícolas que son producidas y cultivadas en El Salvador, sin embargo, con el paso del tiempo se han presentado diversos retos en los cuales diversos productos han adquirido una gran importancia para el incremento del rendimiento y productividad, tales son los madurantes que se aplican en la preparación de la cosecha, esto con ayuda de tecnología dron con el objetivo no solo de incrementar la productividad y rendimiento sino también innovar en tecnología. Las moléculas utilizadas Moddus 25[®] (Trinexapac-Etil) y Organosato[®] tienen como objetivo principal aumentar la producción de azúcar en la planta comúnmente conocido por Grado Pol o polarización que es el porcentaje de sólidos solubles que determinan el contenido de sacarosa en el jugo.

Se aplicaron dos madurantes no comerciales Moddus 25[®] (Trinexapac-Etil), 3.5 ha: Organosato[®], en un terreno de 10.5 hectáreas, dividido en 3.5 hectáreas de manera de tener tres campos de estudio para los dos madurantes y el testigo sin aplicación; siendo aplicadas las dos moléculas de madurante por medio de tecnología dron.

El sitio de estudio se ubicó en el municipio de Suchitoto, departamento de Cuscatlán. Posterior a la aplicación de los tratamientos, se determinó la factibilidad y los rendimientos producidos en sacarosa contenidos en la caña de azúcar con la implementación de dichos madurantes versus la maduración natural del cultivo, comparando el desarrollo y el rendimiento producido de cada uno de ellos en el cultivo de caña de azúcar seleccionados para su aplicación.

La investigación se llevó a cabo en cuatro etapas:

Etapas: durante dicha etapa se realizó la búsqueda de los antecedentes más apropiados, investigaciones tanto nacionales como internacionales, que han sido desarrolladas en los últimos años sobre dicha temática, mediante la localización de referencias de literatura se procedió al proceso de consulta.

Etapas: se realizó un proceso de selección de las literaturas consultadas más apropiadas para la investigación, así mismo brindar una fuente confiable para agregar en los antecedentes de esta investigación realizada. Dichas fuentes encontradas fueron de interés ya que son concisas al tema a ejecutar, mencionando aspectos importantes como: conceptos básicos, clasificaciones, ejecuciones de los procesos de investigación, resultados, etc.; todos estos elementos descritos para un mejor entendimiento (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

En dicha investigación se determinó que fue de carácter experimental, sus variables, y los métodos que han sido utilizados para recopilar la información y por consiguiente el sistema estadístico que se utilizó para el procesa-

miento y análisis de los datos obtenidos fue: Diseños estadísticos por bloques aleatorios.

Etapas tres: durante dicha etapa se llevó a cabo la recopilación de datos mediante procesos de experimentación, esto consistió en el riego de una área de 7 hectáreas de terreno, así mismo esto incluye 3.5 hectáreas que fueron el testigo (natural), a la cual no hubo ninguna aplicación de componentes, posteriormente a las zonas de aplicación se sustrajeron muestras al azar de caña de azúcar, para las cuales fueron determinadas el porcentaje de pol pertenecientes en las mismas para comenzar el proceso de experimentación de rendimiento y los resultados obtenidos por cada uno de los madurantes no herbicidas utilizados, así mismo la determinación de su factibilidad para el uso en cultivos de caña de azúcar, esto con el fin de generar un aporte en rendimiento y beneficios económicos para Ingenio La Cabaña S.A de C.V.

Etapas cuatro: en dicha etapa se evaluó y analizó el cumplimiento de las hipótesis planteadas al inicio de la investigación para establecer de una manera experimental si serán aceptadas o rechazadas según los resultados obtenidos por medio de análisis fisicoquímicos para posteriormente elaborar conclusiones acerca de la factibilidad del uso de madurantes no herbicidas.

Diseño

Durante el trabajo realizado, titulado “Uso de dos moléculas de madurantes no herbicidas aplicadas mediante drones versus la maduración natural en cultivos de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) durante Zafra 2020/2021 de Ingenio La Cabaña S.A

de C.V” se utilizó un diseño descriptivo, ya que el objetivo principal de la investigación fue evaluar y aplicar una comparativa de los madurantes a utilizar que brinden un mayor rendimiento en sacarosa de los cultivos de caña de azúcar, estos agroquímicos no herbicidas siendo aplicados por medio de drones para optimizar los recursos y generar mejores resultados en productividad, con ello se buscó establecer indicadores que brinden primero que nada una comparación de los resultados que generan versus una maduración natural del cultivo y esto se obtendrá por medio de análisis fisicoquímicos, los cuales determinen el porcentaje que aumento con el uso de cada uno de los madurantes, así mismo la calidad del mismo, esto determinado también por medio de parámetros establecidos durante el proceso de investigación, como por ejemplo: días de maduración, color de la caña, tipo de variedad, etc.

Resultados

Los resultados presentados son representados como un diagnóstico diferencial; en el cual se realizaron comparaciones luego de la aplicación de las dos moléculas de madurantes versus la maduración natural del cultivo de caña de azúcar, esto se realizó mediante análisis fisicoquímicos con una frecuencia mensual durante tres meses, esto antes de iniciar el proceso de cosecha del cultivo en dicha región de la Cooperativa San Francisco en el municipio de Suchitoto administrado por Ingenio La Cabaña S.A de C.V.

Durante la investigación se establecieron parámetros para determinar los datos a analizar, los cuales son: rendimiento

en porcentaje de sacarosa en el cultivo de caña de azúcar, dichos resultados de este parámetro se analizaron e interpretaron y están descritos en el presente artículo. Los resultados obtenidos fueron utilizados para realizar pruebas estadísticas mediante los programas informáticos “IBM *Statistical Package for the Social Sciences* 25 (SPSS)®” y, “Microsoft Office Excel, 2019®”.

Análisis de Diseño Completamente al Azar

Para el análisis de varianza de Diseño Completamente al Azar es necesario la verificación del cumplimiento de un factor:

Supuesto de Normalidad, el cual indica que los datos aleatorios se distribuyen nor-

malmente (Prueba de Kolmogórov – Smirnov).

Prueba de homogeneidad de varianza (Prueba de Levene).

La prueba mencionada anteriormente fue realizada mediante el planteamiento de las hipótesis siguientes:

Para la prueba de Normalidad:

H_0 = Los Datos se distribuyen de manera Normal, con un nivel de significancia del 0.05 (5 %).

H_1 = Los Datos no se distribuyen de manera Normal, con un nivel de significancia del 0.05 (5%).

Tabla 1: Pruebas de normalidad

Pruebas de normalidad							
Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Medición	A	.202	6	.200*	.944	6	.688
	B	.327	6	.044	.794	6	.051
	C	.164	6	.200*	.964	6	.849

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
 a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Elaboración propia con datos de Mendoza-Mendoza y López-Solano, (2022).

Conclusión: Como valor p o significancia asintótica no se rechaza la hipótesis nula, ya que los valores obtenidos son mayores a los valores de tabla a una significancia del 5 %.

Para la prueba de Homogeneidad de Varianza de Tratamientos A, B y Testigo

H_0 = No existe diferencia significativa entre alguno de los tratamientos

H_1 = Existe por lo menos un tratamiento distinto a las demás.

Nivel de significación: α = 0,05 (asignado arbitrariamente).

Chi-cuadrado observado, bajo supuesto de hipótesis nula verdadera:

El número de grados de libertad, es $(c-1) = 2$. El valor crítico es $X^2 = X^2_{(2)} = 5.99$ debido a que $P(X^2_{(2)} > 5.99) = 0.05$

Tabla 2: Pruebas de homogeneidad de varianza

Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Medición	Se basa en la media	.280	2	15	.759
	Se basa en la mediana	.230	2	15	.797
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	.230	2	9.792	.799
	Se basa en la media recortada	.264	2	15	.771

Nota. Elaboración propia con datos de Mendoza-Mendoza y López-Solano, (2022).

Conclusión: Decisión o inferencia final, El valor observado de la significancia .759 es mayor que 0.05 de la significancia, en consecuencia, se acepta la hipótesis nula y podemos inferir a un nivel de significación del 5%, que no existe ninguna diferencia entre alguno de los tratamientos.

Tabla 3: Análisis univariado de varianza

Factores inter-sujetos

		Etiqueta de valor	N
Tratamientos	1	A	6
	2	B	6
	3	C	6
Muestra	1		9
	2		9

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Medición

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	5.830 ^a	3	1.943	.335	.800
Intersección	4583.712	1	4583.712	790.270	.000
Tratamientos	4.281	2	2.140	.369	.698
Muestra	1.549	1	1.549	.267	.613
Error	81.203	14	5.800		
Total	4670.744	18			
Total corregido	87.032	17			

a. R al cuadrado = .067 (R al cuadrado ajustada = -.133)

Nota. Elaboración propia con datos de Mendoza-Mendoza y López-Solano, (2022).

Tabla 4: Comparaciones múltiples

Pruebas post hoc

Tratamientos

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Medición						
HSD Tukey						
(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
A	B	1.0050	1.39047	.754	-2.6342	4.6442
	C	1.0617	1.39047	.731	-2.5776	4.7009
B	A	-1.0050	1.39047	.754	-4.6442	2.6342
	C	.0567	1.39047	.999	-3.5826	3.6959
C	A	-1.0617	1.39047	.731	-4.7009	2.5776
	B	-.0567	1.39047	.999	-3.6959	3.5826

Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = 5.800.

Nota. Elaboración propia con datos de Mendoza-Mendoza y López-Solano, (2022).

Tabla 5: Subconjuntos homogéneos

Medición		
HSD Tukey ^{a, b}		
Tratamientos	N	Subconjunto
C	6	15.5850
B	6	15.6417
A	6	16.6467
Sig.		.731

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = 5.800.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6.000.
b. Alfa = 0.05.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO DE RENDIMIENTOS POR CADA TRATAMIENTO
TRATAMIENTO A (MODDUS 25)	16.645
TRATAMIENTO B (ORGANOSATO)	15.64
TRATAMIENTO TESTIGO	15.58

Nota. Elaboración propia con datos de Mendoza-Mendoza y López-Solano, (2022).

Discusión

El uso de madurantes no herbicidas ha determinado un aumento no significativo del porcentaje de sacarosa del cultivo de caña de azúcar, cabe recalcar que esto también depende en gran medida de las condiciones climáticas en las que se encuentre el cultivo y más en un estado de humedad, por ello se requiere un cuidado exhaustivo a la hora de iniciar los procesos de preparación del cultivo para desarrollar el aumento de su concentración de sacarosa en cada uno de los tallos que la contiene. Uno de los mejores porcentajes fue el Tratamiento A, donde se utilizó el madurante no herbicida Moddus 25[®] (Trinexapac-Etil) teniendo un aumento considerable durante los análisis fisicoquímicos realizados durante tres veces antes del corte de la caña de azúcar, este teniendo un promedio de rendimiento final del: 16.64 %, como segundo tratamiento B a utilizar para generar mejores resultados, fue el uso del Organosato[®] teniendo un promedio del 15.64 %, con una diferencia del 1% exacto con el Tratamiento A, bajo la comparativa de estos tratamiento se encuentra el Testigo sin aplicación el cual constó un resultado del 15.58 %, mediante esto se puede concluir que es necesario la utilización de madurantes no herbicidas para el mejoramiento de la productividad de caña de azúcar, teniendo impactos significativos para la producción de azúcar en Ingenio La Cabaña.

Por ello los resultados de la investigación tiene una semejanza al antecedente generado por Espinoza, Corado, Martínez y Echeverría, (sin fecha), el cual tiene como evaluación “Efecto de Madurantes no

herbicidas en el cultivo de caña de azúcar”, determinando que el uso de Moddus 25[®] (Trinexapac-Etil) es uno de los madurantes no herbicidas más efectivos esto a pesar de que las condiciones climáticas de ese entonces en el año 2010 no fueron favorables concluyendo así durante dicha investigación que hubo una variabilidad importante en la acumulación de sacarosa que fue el alcance que se quería llegar durante la investigación determinada, en tal caso en la presente investigación este resultado ha sido con una similitud muy estrecha.

Mediante la prueba de Normalidad se pudo concluir lo siguiente:

H_0 = Los Datos se distribuyen de manera Normal, con un nivel de significancia del 0.05 (5%).

Existiendo una normalidad entre los resultados de los análisis realizados en el cultivo de caña de azúcar.

Mediante la prueba de Homogeneidad se pudo concluir lo siguiente:

H_0 = No existe diferencia significativa entre alguno de los tratamientos.

Se acepta la hipótesis nula y podemos inferir, a un nivel de significación del 5%, que no existe ninguna diferencia entre alguno de los tratamientos.

A pesar de no tener estadísticamente aumentos significativos en los resultados obtenidos, se concluye que el uso de madurante en el Cultivo de Caña de Azúcar es de primordial importancia para el buen desarrollo de las plantas, siempre y cuando los factores climáticos se encuentren a favor de las zonas con extensiones territoriales del cultivo, generando beneficios para productores y para

los procesos productivos en la fábrica con la transformación de este elemento de vital importancia en el mercado local e internacional como lo es el azúcar.

Conclusiones

- Mediante el Análisis de Varianza del Diseño Completamente al Azar y la Prueba de Tukey, mostraron que, no existe una diferencia estadísticamente significativa en el promedio de Rendimientos de Pol-Ca en el cultivo de Caña de Azúcar, con los Tratamientos A, B y Testigo realizados a lo largo del proyecto.
- Los productos Madurantes no herbicidas a pesar de que no tuvieron efectos significativos se puede tomar en cuenta el aumento de sacarosa con el tratamiento A (Moddus 25[®] - Trinexapac – Etil) el cual obtuvo uno de los mejores resultados por tonelada de caña, con un rendimiento de 153.57 kilogramos de azúcar/ton de caña.
- El uso de vehículos no tripulados (drone) aumenta el rendimiento de los procedimientos a realizar durante las jornadas laborales en campo, esto beneficiando así a eficientizar el desarrollo de actividades de riego y monitoreo de cultivos, dando resultados positivos por ejemplo en este caso de rendimientos, ya que brindan una mayor precisión ayudando a desarrollar un riego uniforme en los cultivos de caña de azúcar.

- Mediante la validación se da paso a la apertura de más investigaciones acerca del uso de madurantes no herbicidas, se necesita llevar a cabo la determinación de los beneficios reales del uso de los madurantes Moddus 25[®] y Organosato[®] para seguir desarrollando el estudio acerca del aumento del rendimiento de azúcar por unidad de área.

Referencias

ESPINOZA, Gerardo; CORADO, Manuel; MARTÍNEZ LOPÉZ, Manuel Enrique y ECHEVERRÍA, Juan Carlos. Sin fecha. *Efecto de madurantes no herbicidas en el cultivo de la caña de Azúcar (saccharum spp) variedad cp88-1165*. [En línea] [Fecha de consulta 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://cengicana.org/files/20170105143817803.pdf>

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos; BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. 2014. *Metodología de la investigación*. [en línea] (6^a ed.), México D. F.: McGraw-Hill [Fecha de consulta: 27 de septiembre 2021] Disponible en: https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/opac3/verdetalle.php?idobra=38117&searchType=titl_a,titl_m,titl_c,titl_s,aut_p_a,aut_i_a,aut_p_m,aut_i_m,aut_p_c,aut_i_c,resumen_anadoc,desc_ppales_anadoc,desc_post_anadoc,editor_s&cc=0&searchText=hernandez%20sampleri&sortBy=default&sfrase=default

MENDOZA-MENDOZA, Gerson Gustavo y LÓPEZ-SOLANO, Stephanie Ivette. 2022. *Uso de dos moléculas de madurantes no herbicidas aplicadas mediante drones versus la maduración natural en cultivos de Caña de Azúcar (Saccharum officinarum) durante Zafra 2021/2022 de Ingenio La Cabaña S.A de C.V* [Tesis de pregrado de Ingeniería en Alimentos y Ingeniería en Agroindustrial]. Universidad Dr. José Matías Delgado. Antiguo Cuscatlán, El Salvador.