

14

Influencia de la aplicación de Vinaza sobre el suelo y la caña de azúcar en su etapa inicial de desarrollo

Vinasse application effects on soil and sugarcane growing at initial stages of developments

Juan Miguel González Rodríguez¹

E-mail: jmiguel@gesacf.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7651-322X>

Emma Pineda Ruiz²

Email: emma.pineda@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9880-3060>

José Luis Lago González²

E-mail: jose.lago@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5673-9410>

Minerva Almogueva Fernández³

E-mail: mafernandez@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7430-8214>

¹Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. INICA Cienfuegos. Cuba

²Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. INICA Villa Clara. Cuba

³Universidad de Cienfuegos. Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

González Rodríguez, J. M., Pineda Ruiz, E., Lago González, J. L. y Almogueva Fernández, M. (2024). *Influencia de la aplicación de Vinaza sobre el suelo y la caña de azúcar en su etapa inicial de desarrollo* Revista Científica Agroecosistemas, 12(1), 118-124. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Entre los productos residuales que genera la agroindustria azucarera la vinaza, procedente de la destilación de alcohol, ha recibido especial atención debido a las ilimitadas posibilidades para su reutilización y disposición, reportándose efectos beneficiosos como aumento en el rendimiento de los cultivos y mejoras en las propiedades físicoquímicas del suelo como incremento de pH, aumento de la disponibilidad de nutrientes y retención de cationes por el suelo, incremento de la capacidad de retención de humedad, mejoramiento de la estructura física del suelo y proliferación intensa de la población y actividad microbiana, entre otras, por lo que el trabajo tuvo como objetivo conocer el efecto de la aplicación de vinaza pura en indicadores de crecimiento de las plantas y de parámetros químicos en un suelo Ferralítico rojo en la etapa inicial de desarrollo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*). Se montó y condujo un experimento en condiciones semi controladas en diseño aleatorizado donde se emplearon cuatro tratamientos: testigo absoluto, dosis recomendada de NPK, y dosis de vinaza de 60 y 120 m³ ha⁻¹. Se caracterizó la composición química de la vinaza y del suelo y se evaluó el crecimiento de las plantas en diferentes momentos hasta los 60 días de su desarrollo. Los indicadores evaluados de la química del suelo y los fenológicos del cultivo de la caña de azúcar a edades tempranas demostraron que con la aplicación de vinaza estos pueden si no mejorarse, al menos permanecer en rangos que no afectan al suelo ni al cultivo.

Palabras clave:

Vinaza, Caña de azúcar, Indicadores fisiológicos, Suelo.

ABSTRACT

Sugarcane vinasse, among all agro-industry wastes, has been target of special attention because its unlimited uses, vinasse has been fertilizer substitute and physico-chemical improver of soil properties as pH, nutrients availability, cations and moisture retention in soil as well as microorganism activity. In order to know the pure vinasse application effect in growing plants indicators and chemical parameters in a red Ferralitic soil in the initial development stage of sugarcane plant (*Saccharum spp.*) a semi-controlled conditions experiment was carried out. A random design with four treatments consisting in NPK recommended, two vinasse doses (60, 120 m³ ha⁻¹) and control. The chemical characterization of vinasse and chemical analysis of soil properties were obtained, and development was evaluated in different stages until 60 days of post-germinated plants. The results of experiment showed that chemical of soil properties and growing plants indicators at initial stages if don't were improved don't were negative modified either.

Keywords:

Vinasse, Sugarcane, Physiological indicators, Soil.

INTRODUCTION

La agroindustria de la caña de azúcar ha sido objeto de cuestionamientos de ambientalistas y de la comunidad científica, incluso se han dictado normas para reducir su impacto ambiental. Dentro de los productos residuales que genera esta agroindustria la vinaza, procedente de la destilación de alcohol, ha recibido especial atención debido a las ilimitadas posibilidades para su reutilización y disposición, Aparecida *et al.* (2013).

El sector azucarero de Cuba gestiona 11 destilerías distribuidas en gran parte del país con un potencial de generación de más de dos millones de metros cúbicos de vinaza anualmente según Rodríguez, *et al.* (2022). Las alternativas tecnológicas para el aprovechamiento de las vinazas que se generan en la producción de etanol en Cuba han sido ampliamente expuestas por varios autores entre ellos, Chanfón *et al.* (2014).

La fertirrigación o el uso de vinaza no tratada como fertilizante en el cultivo de la caña es una de las mejores alternativas para su reúso y disposición. Sin embargo, el bajo pH, conductividad eléctrica y elementos químicos presentes en la vinaza de la caña de azúcar puede causar cambios en las propiedades químicas y fisicoquímicas de los suelos, bajo frecuentes descargas por un periodo largo de tiempo con efectos adversos Aparecida *et al.* (2013).

Según Rodríguez, *et al.* (2022) en Cuba existe un potencial de 47 000 ha dedicadas al cultivo de caña de azúcar que pueden beneficiarse con el fertirriego con vinaza con el correspondiente ahorro de fertilizantes químicos por el aporte de nutrientes de este residual. En la propuesta estos autores demuestran con un estudio de caso que se conocen los efectos beneficiosos sobre la disponibilidad de nutrientes que produce la aplicación controlada de la vinaza.

Takata, (2020) citando a otros autores expresó que la aplicación de vinaza en el suelo produce efectos variables, según el tipo de suelo y/o las condiciones climáticas. La fertilización con vinaza puede causar efectos negativos, como la salinización, lixiviación de nutrientes, deterioro de la calidad del suelo por desbalance de nutrientes, reducción de la alcalinidad y aumento de la fitotoxicidad. En contraste, se reportan efectos beneficiosos como aumento en el rendimiento de los cultivos y mejoras en las propiedades fisicoquímicas del suelo como incremento de pH, aumento de la disponibilidad de nutrientes y retención de cationes por el suelo, incremento de la capacidad de retención de humedad, mejoramiento de la estructura física del suelo y proliferación intensa de la población y actividad microbiana.

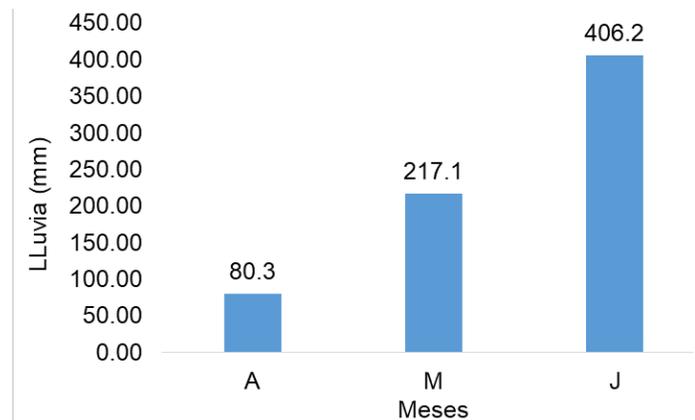
Atendiendo a lo expuesto anteriormente el trabajo realizado tuvo como objetivo conocer el efecto de la aplicación de vinaza pura en indicadores de crecimiento de las plantas y de parámetros químicos en un suelo Ferralítico

rojo en la etapa inicial de desarrollo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*).

Materiales y métodos

El experimento se desarrolló en condiciones semicontroladas en la estación del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) ubicada en el municipio Ranchuelo, provincia de Villa Clara, Cuba. La investigación tuvo lugar durante los meses de abril a junio de 2023. El suelo utilizado fue Ferralítico rojo según Hernández *et al.* (2015) el que se colocó, en 12 recipientes de 10 dm³ de capacidad y en cada uno de ellos se plantaron tres yemas aisladas del cultivar de caña de azúcar C97-445, el cual es de reciente incorporación a la explotación comercial en Cuba. La lluvia fue un factor registrado, por el pluviómetro establecido en el área, la Figura 1 muestra la lluvia durante los meses de desarrollo del experimento en el año 2023. c

Fig. 1. Lluvia recibida durante la duración del experimento en el año.



Fuente: Elaboración propia

El diseño empleado fue completamente al azar, se emplearon un total de cuatro tratamientos con tres repeticiones, los que se describen a continuación:

Testigo Absoluto

NPK recomendado por el Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas para la caña de azúcar (SERFE)

60 m³ ha⁻¹ de vinaza pura

120 m³ ha⁻¹ de vinaza pura

La vinaza fue analizada por el Laboratorio del ICIDCA y las determinaciones realizadas correspondieron a la demanda química de oxígeno (DQO), por el micro método de reflujó con el dicromato de potasio, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mediante Oxitop Box WTW; pH (método potenciométrico), contenidos de nitrógeno (método de Kjeldahl), fósforo por el método colorimétrico, calcio por absorción atómica, potasio y sodio por fotometría de llama; conductividad eléctrica por el método conductimétrico y sólidos totales, por determinación de sólidos.

Se tomaron muestras de suelo al inicio y al final del experimento para realizar determinaciones de pH en KCl por el método potencimétrico (relación suelo - solución 1:2,5; contenido de materia orgánica (método de Walkley-Black); fósforo y potasio asimilables por el método de Oniani; los que se realizaron según se describen en el manual del laboratorio del INICA, (2015).

Las evaluaciones realizadas fueron brotación en diferentes momentos 25, 30, 35, 45 y 60 días. Además, a todas las plantas se le determinó el número de hojas totales y activas, a los 30,35 y 45 días; altura y diámetro del tallo, largo de la hoja +1, a los 45 y 60 días, así como el estado fitosanitario del cultivo.

Para procesar la información obtenida de las variables estudiadas se utilizó el paquete estadístico STATISTICA versión 8. La normalidad de los datos de cada variable se comprobó con la Prueba de Shapiro Wilk, se realizó el análisis de varianza entre tratamientos (Anova) y se compararon las medias mediante la prueba de Tukey para $p \leq 0.05$.

Resultados y discusión

Aportes de la residual vinaza de destilería

El análisis de los componentes químicos de la vinaza aparece en la tabla 1 y mostró resultados similares a los determinados por varios autores, entre ellos Arzola et al. (2012). El contenido de nutrientes como el nitrógeno y el potasio, especialmente este último, se considera elevado, el fósforo se encuentra en concentraciones relativamente inferiores, aunque su aporte no es despreciable cuando se aplican volúmenes elevados de vinaza, Takata, (2020).

Aunque no se determinó en este trabajo se conoce que la vinaza es rica en materia orgánica, llegando en algunos casos hasta 17 kg m^{-3} lo que es suficiente para que los microorganismos edáficos se desarrollen y mineralicen los compuestos químicos que contienen a los nutrientes, Quiroz, I. y Guerrero¹ y Pérez, A. (2013) citando a varios autores.

Tabla 1. Caracterización de la vinaza de caña de azúcar.

Método de Ensayo	Unidad de medida	Valores
DQO	mg L ⁻¹	41 097,00
DBO	mg L ⁻¹	19 444,40
Nitrógeno	mg L ⁻¹	400,00
Fósforo	mg L ⁻¹	63,28
pH	-	4,45
Conductividad eléctrica	mS cm ⁻¹	11,21
Sólidos totales	mg L ⁻¹	36 970,00
Calcio	ppm	200,00
Potasio	ppm	2 450,00
Sodio	ppm	140,00

Fuente: Elaboración propia

Influencia sobre parámetros químicos del suelo

La caracterización química del suelo inicialmente mostró un pH neutro, según las categorías establecidas en el Manual del Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas para la caña de azúcar, SERFE, (2013); contenido de materia orgánica inferior al 2%, considerado bajo, mientras que los elementos fósforo y potasio asimilables no mostraron deficiencias de estos, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Caracterización química del suelo.

pH en agua	pH en KCl	MOS (%)	P2O5	K2O
			(mg 100g ⁻¹)	
8,0	7,4	1,22	7,77	17,68

Fuente: Elaboración propia

En lo relacionado a los parámetros químicos determinados, al concluir el experimento, como muestra la tabla 3, se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos empleados, se pudo apreciar que el grado de acidez del suelo mostró los valores más bajos con la aplicación de la dosis de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de vinaza, no obstante sigue manteniéndose en la misma categoría de neutro, estos resultados coinciden con los de Pineda et al. (2020), quienes al muestrear durante varios años campos cultivados con caña de azúcar encontraron, que la aplicación de la vinaza no influyó de forma negativa en el grado de acidez del suelo.

Tabla 3. Influencia de los diferentes tratamientos sobre los parámetros químicos evaluados al concluir el experimento.

Tratamientos	pH en KCl	MOS (%)	P2O5	K2O
			(mg 100g ⁻¹)	
I-Testigo Absoluto	7,47 a	1,22 c	6,78 a	17,00 b
II-NPK (SERFE)	7,50 a	1,36 bc	7,91 a	18,33 ab
III-60 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	7,63 a	1,53 ab	7,98 a	18,03 ab
IV-120 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	6,53 b	1,66 a	8,44 a	23,10 a
n	12	12	12	12
media	7,28	1,44	7,78	19,12
p	<0,0001	0,0039	0,1791	0,0460
EE	0,13	0,19	0,29	0,90
CV	1,10	6,12	10,41	11,06

Número de observaciones (n), EE (Error Estándar), CV (Coeficiente de Variación) y $p < 0,05$

Fuente: Elaboración propia

El contenido de materia orgánica mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos utilizados, mostrando los mejores resultados aquellos que contemplan la aplicación de vinaza, coincidiendo estos resultados con otros autores, entre ellos, Armengol, et al. (2003), que encontró que la vinaza es un residuo orgánico capaz de inducir modificaciones en los contenidos de materia orgánica de los suelos y producir un efecto residual hasta

al menos cinco cosechas, lo que contribuye al aumento de la fertilidad de los suelos, y posibilita el empleo de la vinaza como mejorador orgánico a la vez que contrarresta la degradación a que los suelos están expuestos, debido al cultivo intensivo y al mal manejo.

Jiménez, (2017) encontró que la vinaza aportó materia orgánica al suelo, incrementando en un 0.02 % el contenido de esta en el suelo en comparación con el tratamiento control a una profundidad de 0 - 20 cm; que, aunque no fue un incremento considerable, sí mejoró la fertilidad y las propiedades del suelo y sus efectos positivos se pudieron ver en su integración con otras variables. Incremento significativo con la aplicación de vinaza en el contenido de materia orgánica, también con valores bajos en todos los casos, entre el 1 y el 2 %, obtuvieron Villar, (2016).

El fósforo asimilable no mostró diferencias entre tratamientos, estos resultados coinciden con Takata, (2020), que considera poco influyente el aporte de fósforo con la aplicación de vinaza por la poca movilidad de éste y porque transita a formas cada vez menos solubles con el paso del tiempo. El que no existieran diferencias en el contenido de fósforo antes y después de la aplicación de vinaza coincide también con Pineda *et al.* (9) quienes consideran bajo el aporte como fertilizante de este elemento por su pobre concentración en este producto residual. Aunque igualmente Jiménez, (2017) tampoco encontró diferencias significativas en el contenido de fósforo, observó un efecto importante en la disminución de la inmovilización de este elemento lo que puede deberse al incremento en la materia orgánica en las parcelas donde se aplicó vinaza.

Para el potasio asimilable, todos los tratamientos superaron al testigo absoluto, lo que evidencia la factibilidad de la vinaza para aportar este nutriente al suelo, al mostrar resultados similares a la fertilización mineral. La influencia en los resultados relacionados con el aporte de potasio al aplicar vinaza también es reconocida por Takata, (2020) que afirma que este se encuentra inmediatamente disponible para las plantas. Arzola *et al.* (2017), afirmaron que el potasio no se requiere como complemento de la vinaza y debe servir como indicador sobre la posibilidad de continuar aplicando la misma en las áreas cañeras, lo que se explica por las elevadas cifras que de este nutrimento se suministran al suelo. Otoyá, (2022) observó que las concentraciones de los elementos de la química del suelo no tuvieron variaciones significativas, excepto el potasio que, si se incrementó no solo con concentraciones mayores de vinaza si no también con el paso de los días, por otra parte, Pineda *et al.* (2015) en estudios realizados encontraron que las aplicaciones de vinaza incrementaron el contenido de potasio asimilable en el suelo, lo que coincide con los resultados alcanzados en este estudio.

Efecto de los diferentes tratamientos en el crecimiento vegetativo de las plantas

Las evaluaciones realizadas a los indicadores seleccionados del crecimiento de la caña de azúcar mostraron la respuesta diferenciada del cultivo a la aplicación de

fertilizantes químicos y las diferentes dosis de vinaza pura.

Brotación

La brotación como componente importante de la productividad de la caña, evaluada como el número de plantas brotadas a los 25, 30, 35, 45 y 60 días mantuvo una dinámica favorable, de manera significativa, a la aplicación de la vinaza en ambas dosis (60 y 120 m³ha⁻¹) (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto de la aplicación de fertilizantes químicos y de diferentes dosis de vinaza pura sobre el número de plantas brotadas.

Tratamientos	Plantas Brotadas				
	25	30	35	45	60
	(días)				
I-Testigo Absoluto	1.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 b
II-NPK (SERFE)	2.00 a	2.00 a	2.33 a	2.00 a	2.33 ab
III-60 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	2.33 a	2.33 a	2.33 a	2.33 a	3.00 a
IV-120 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	2.00 a	2.00 a	2.00 a	2.00 a	3.00 a
n	12	12	12	12	12
media	1.83	1.83	1.92	1.92	2.33
p	0.0701	0.0701	0.0990	0.0990	0.0267
EE	0.24	0.24	0.26	0.26	0.31
CV	27.27	27.27	31.35	31.35	27.66

Número de observaciones (n), EE (Error Estándar), CV (Coeficiente de Variación) y p<0,05

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados coinciden con Kulasekara, *et al.* (2021) que evaluaron los efectos de la vinaza sobre las propiedades químicas del suelo y en el crecimiento inicial de la caña de azúcar, utilizaron yemas aisladas colocadas en recipientes que previamente recibieron diferentes dosis de vinaza pura. A los 30 días después de plantadas encontraron incrementos relativos en la brotación de las yemas (longitud y peso de los brotes) para la aplicación de dosis de 40 y 60 m³ha⁻¹ de vinaza pura. Además, Ferteco (2023) en las Memorias del Seminario Internacional de Fertilización y Nutrición de la Caña de Azúcar realizado en Cali, Colombia plantea que los efectos de la aplicación de vinaza se traducen en aumentos de producción (biomasa), y su utilización hasta 20 días después del corte da como resultado una adecuada brotación de la soca e incrementos en la longevidad de los cañaverales.

Número de hojas totales y activas

A la edad de 30 días en lo relativo al número de hojas totales, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, superando todos los tratamientos al testigo absoluto, mientras que a las edades posteriores en que se

evaluó este indicador no se encontraron diferencias entre los tratamientos empleados, similares resultados fueron obtenidos por Tuesta (2017) que no observó diferencias significativas en este indicador en plantas de maíz, después de tres meses de riego con vinaza. Por otra parte

se observó que el número de hojas activas, mostró diferencias estadísticas significativas, entre tratamientos y edades evaluadas, ya que se aprecia en la tabla 6 que para todos los casos el testigo absoluto es superado por todos los tratamientos utilizados.

Tabla 6. Efecto comparativo de la aplicación de fertilizantes químicos y diferentes dosis de vinaza pura sobre las hojas totales y activas.

Tratamientos	Hojas totales por edades			Hojas activas por edades		
	30 días	35 días	45 días	30 días	35 días	45 días
I-Testigo Absoluto	1,33 b	2,33 a	4,00 a	1,33 b	1,33 b	3,67 b
II-NPK (SERFE)	1,67 ab	4,00 a	5,00 a	1,67 ab	3,33 ab	4,67 ab
III-60 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	2,33 ab	4,00 a	5,33 a	2,33 ab	4,00 a	4,67 ab
IV-120 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	3,00 a	4,00 a	5,33 a	3,00 a	4,00 a	5,00 a
n	12	12	12	12	12	12
media	2,08	3,58	4,83	2,08	3,58	4,58
p	0,0391	0,1327	0,2627	0,0391	0,0228	0,0624
EE	0,26	0,31	0,27	0,26	0,31	0,23
CV	26,53	24,17	15,80	26,53	26,38	12,60

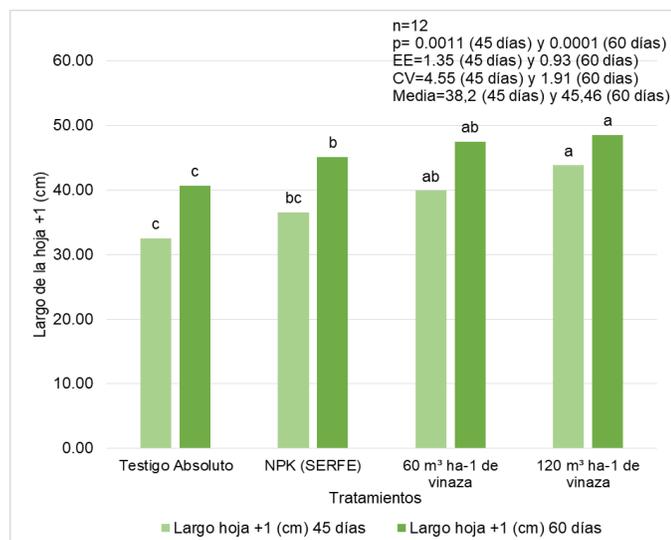
Número de observaciones (n), EE (Error Estándar), CV (Coeficiente de Variación) y p<0,05

Fuente: Elaboración propia

Longitud de la hoja +1

Este tejido, resulta expresión de la condición nutricional de las plantas de caña de azúcar, Chávez, (1999). Las mediciones de este carácter, realizadas los días 45 y 60 d.d.p. expresaron que las longitudes de la hoja +1 fueron siempre mayores de manera significativa en los tratamientos con vinaza, como se muestra en la Figura 2.

Fig. 2. Influencia de los tratamientos sobre la longitud de la hoja +1.



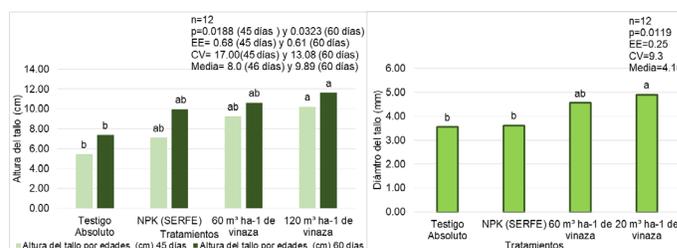
Fuente: Elaboración propia

Altura y diámetro del tallo

La altura y el diámetro de los tallos son unos indicadores importantes del crecimiento de las plantas en sus etapas iniciales, ambos resultaron igualmente favorecidos de manera significativa por la aplicación de vinaza pura, en

ambas dosis. La Figura 3, muestra los resultados obtenidos en lo relacionado con estos indicadores, donde se aprecia que para la altura, todos los tratamientos superan al testigo, lo que evidencia la factibilidad de emplear cualquiera de las fuentes de aporte de nutrientes evaluadas al respecto, destacándose la dosis de 120 m³ ha⁻¹ por mostrar los mayores valores en lo relacionado con la altura de las plantas a las edades evaluadas, mientras que para el diámetro las diferencias estadísticas resultan significativas. Destacándose los tratamientos que contemplan la aplicación de vinaza.

Fig. 3. Efecto de los tratamientos sobre la altura y el diámetro de los tallos.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos con la aplicación de vinaza en indicadores del crecimiento de la caña de azúcar son similares a los de Maradiaga, *et al.* (2018). Estos autores dividieron el estudio en cuatro fases de desarrollo del cultivo e igualmente encontraron efectos significativos de la vinaza mezclada con un concentrado de alga *Lithothamnium* sobre la altura y el grosor del tallo, así como sobre el índice de área foliar. Por otra parte, Mejía, (2012), coincide con los resultados obtenidos al plantear de acuerdo a lo obtenido en sus investigaciones, que la vinaza puede ser usada como abono y mejorador de los suelos en cultivos de alta demanda de potasio como la caña de azúcar

pues su uso fomenta el crecimiento vigoroso de la planta, aumenta la altura, número y diámetro de los tallos, lo cual incide en una mayor producción del campo.

Conclusiones

- La vinaza mostró una composición adecuada para ser aplicada al suelo, donde se destaca su aporte nutricional en relación con el potasio.
- Los indicadores evaluados de la química del suelo demuestran que con la aplicación de vinaza estos pueden si no mejorarse, al menos permanecer en rangos que no afectan al suelo ni al cultivo.
- La fertilización mineral y la aplicación de vinaza mostraron sobre la brotación, sólo a los 60 días una influencia favorable sobre este indicador.
- La aplicación de vinaza favoreció el desarrollo de la hoja + 1 (tejido indicador) en aquellos tratamientos que recibieron vinaza, mostrando los valores más elevados la dosis de 120 m³ ha⁻¹.
- La altura de los tallos fue favorecida con la aplicación de la fertilización mineral y la vinaza a las edades de 45 y 60 días mientras que la aplicación de vinaza resultó favorable para el desarrollo del diámetro del tallo a los 60 días.
- La vinaza constituye una fuente alternativa, para ser aplicada en caña de azúcar en edades tempranas capaz de beneficiar indicadores químicos del suelo y fenológicos del cultivo.

Referencias Bibliográficas

- Aparecida C., Pedro J., Evangelista J., Fernanda J., Silvia C. (2013). Sugarcane vinasse: Environmental implications of its use. *Waste Management* 33, p 2752-2761.
- Armengol, J., Lorenzo, R. y Fernández, N. (2003). Utilización de la vinaza como enmienda orgánica y su influencia en las propiedades químicas de Vertisoles y en los rendimientos de la caña de azúcar. *Cultivos Tropicales*, Vol. 24, No. 3, pp. 67-71. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Arzola, N., Rodríguez, J., González, J., Hernández, E., Muñiz, A. (2012). Conceptualización de los elementos técnicos esenciales para la elaboración en fase de inversión de la tarea técnica para la aplicación de residuos de la agroindustria azucarera en las áreas agrícolas de Antonio Sánchez, provincia Cienfuegos (Primera Aproximación), 36 p.
- Arzola, N. Pineda, E., Vidal, M., Rodríguez, J., Osorio, N., Reyes, E. (2017). Conceptualización de los elementos técnicos esenciales para la elaboración del proyecto de aplicación del residuo líquido vinaza de la producción de alcohol en la UEB-Destilería "Antonio Guiteras" en las áreas dedicadas a caña de azúcar. Provincia Las Tunas. 28 p.

Chanfón, J., Lorenzo Y. (2014). Alternativas de tratamiento de las vinazas de destilería. Experiencias nacionales e internacionales. *Revista Centro Azúcar Vol. 41*, abril-junio. ISSN: 2223 - 4861.

Chávez, M. (1999). Nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (LAICA) XI Congreso Nacional Agronómico.,22 p

FERTECO. (2023). Beneficios de la aplicación de la Vinaza en los cultivos. Memorias del Seminario Internacional de Fertilización y Nutrición de la Caña de Azúcar realizado en Cali, Colombia

Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D., Castro, S. N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba. 91 p. ISBN 978-959-7023-77-7.

INICA. (2015). Manual de prácticas de laboratorio y campo. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, 242 p.

Jiménez, R. (2017). Evaluación del efecto de aplicación de vinazas sobre las propiedades fisicoquímicas y actividad biológica en un suelo de orden Inceptisol cultivado con caña de azúcar en la vereda la primavera – municipio de Villarica norte del Cauca. [Tesis para optar al título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente Universidad de Manizales Facultad de Economía Cali - Colombia.].

Kulasekara, B.R. and Weerasinghe, H.A.S. (2021). A preliminary study: Effects of sugarcane by-products, vinasse on chemical properties of soil and initial grow of sugarcane variety SL 83 06 and SL 96 128. Geneva Eurosoil., poster

Maradiaga, W., Rodríguez, Wagner Pêgo, A., Junior, J. and Bernardes, R. (2018=). Effects of vinasse and Lithothanmium application on the initial growth of sugar cane (*Saccharum* sp. cv. RB 86-7515) irrigated and not irrigated. *Acta Agron.* 67 (2) p 252-257. ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118.

Mejía, S. (2012). Evaluación del impacto potencial de incorporación de vinazas en el agua de riego utilizada por la unidad de riego Alfredo V. Bonfil. Veracruz. Nota informativa sobre innovación en materia de productividad del sector. Vinazas alternativas de uso. 10 p.

Otoya Z, Anonio M. (2022). Efecto de la vinaza en el suelo de cultivo de *Saccharum officinarum* L. "caña de azúcar". *Revista Ciencia y Tecnología. Rev. Cienc. Tecnol.* 18 (2): 141 – 146.

- Pineda, E., Chico, Y., Vidal M., Becerra, E., Acosta, F., Fernández, I., Lugo, I. (2015). Uso alternativo de la vinaza en la fertilización de la caña de azúcar, efectos sobre el cultivo y el suelo. *Revista Centro Agrícola* 42 (1): 31-36; enero-marzo, ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072 – 2001.
- Pineda E., Arzola N. (†), Vidal M., de León M., Rodríguez J., Lugo I., Fernández I., Mora, R., Más, R., Díaz, R., Fernández, O., Delgado, I., Díaz, T., González, J., Guillén, S., Pérez, T., Cordero, A. (2020). Aplicación de vinaza como fuente alternativa para la fertilización de la caña de azúcar bajo un esquema efectivo de monitoreo. Caso: UEB “Heriberto Duquesne” en Villa Clara. 2020. Logro AZCUBA 29 p.
- Quiroz, I. y Pérez, A. (mayo -junio 2013). Vinaza y compost de cachaza: efecto en la calidad del suelo cultivado con caña de azúcar. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 5* 16, pp. 1069-1075
- Rodríguez, J., Pineda, E., Vidal, M., Lugo, I., González, M, Becerra, E. (2022). Resultados de la aplicación de vinaza en caña de azúcar (*Sacharum officinarum*). Memoria digital. Evento AGROPAT. p 221-229.
- SERFE. (2013). Manual de Procedimientos del Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas de la caña de azúcar. SERFE. p. 49
- Takata, V. (2020). Aplicación de vinaza al suelo. [Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Opción Ciencias del Suelo. Unidad de Posgrado y Educación.] Permanente de la Universidad de la República Uruguay.
- Tuesta, I. (2017). Efecto de la aplicación de vinazas de la industria del tequila en el cultivo del maíz y en la asociación planta-hongo micorrízicos orbiculares (HMA). [Tesis para obtener el grado académico de maestro en ciencias y tecnología en la especialidad de ingeniería ambiental]. Guadalajara. México. 101p.
- Villar, P., Villar, J. (2016). Guía de la fertilidad de suelos y nutrición vegetal de producción agrícola. 30 p.