

APLICACIÓN DE VINAZA EN PLANTAS *IN VITRO* DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*)
APPLICATION OF VINASSE ON *IN VITRO* SUGARCANE PLANTS (*Saccharum spp.*)

Emma Bárbara Pineda Ruiz¹, Juan Miguel González Rodríguez², José Luis Lago González¹,
Minerva Almogueva Fernández², Rafael Mas Martínez¹, Ilia Lugo Ruiz¹, José Ángel Martínez
Olea¹.

1- Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. INICA Villa Clara.

2- Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. INICA Cienfuegos.

Email: emma.pineda@inicavc.azcuba.cu emmapineda1958@gmail.com

Resumen

La agroindustria azucarera cubana, genera gran cantidad de residuos sólidos y líquidos, dentro de ellos la vinaza, resulta uno de los más voluminosos, por cada litro que se obtiene de alcohol, se generan como promedio 13 litros de este efluente, el cual ha tenido gran atención, por sus grandes posibilidades de reutilización, debido a los efectos beneficiosos que puede provocar como es aumento del rendimiento de los cultivos y mejoras en las propiedades físico-químicas del suelo, entre otras. El trabajo tuvo como objetivo conocer el efecto de la aplicación de vinaza pura en un suelo Ferralítico rojo plantado con caña de azúcar (*Saccharum spp.*) con plantas *in vitro* sobre indicadores de crecimiento de éstas y de parámetros químicos del suelo, durante los primeros 60 días, para ello 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 riqueza nutricional de la vinaza y del suelo y se evaluó el crecimiento de las plantas en diferentes momentos hasta los 60 días. Los indicadores evaluados de la química del suelo y los fenológicos del cultivo 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: caña de azúcar, indicadores fenológicos, suelo, vinaza.

Abstract

The Cuban sugar industry generates a large amount of solid and liquid waste, of which vinasse is one of the most voluminous, since for each liter of alcohol obtained, an average of 13 liters of this effluent are generated, which has received great attention due to its great possibilities for reuse, due to the beneficial effects it can cause, such as increased crop yield and improvements in the physical-chemical properties of the soil, among others. This work was to determine the effect of applying pure vinasse in a red Ferralitic soil planted with sugar cane (*Saccharum spp.*) with *in vitro* plants on growth indicators of these and soil chemical parameters, during the first 60

days of crop development. For this purpose, an experiment was set up and conducted under semi-controlled conditions in a randomized design where four treatments were used: absolute control, recommended dose of NPK and vinasse doses of 60 and 120 m³ ha⁻¹. The nutritional richness of the vinasse and the soil was characterized and the growth of the plants was evaluated at different times up to 60 days of their development. The evaluated indicators of soil chemistry and phenology of the sugar cane crop showed that with the application of vinasse these can, if not be improved, at least remain within ranges that do not affect the soil or the crop.

Keywords: sugarcane, phenological indicators, soil, vinasse.

Introducción

La vinaza de caña de azúcar es el principal subproducto de la producción de bioetanol. Esta se considera un potencial contaminante debido a su índice de acidez y a la presencia de componentes orgánicos, sólidos en suspensión y minerales pesados. Los altos niveles de producción de vinaza son sin duda una amenaza para el ambiente y la comunidad en general (Ospin, *et al.*, 2023).

La producción de alcohol produce un residuo final líquido, comúnmente llamado vinaza, el cual ha constituido desde hace mucho tiempo un grave problema debido a su elevado poder de contaminación, ocasionado principalmente por su gran contenido orgánico, por lo que todos los enfoques que se han dado al problema de la vinaza buscan eliminar o atenuar los efectos de la contaminación sobre los ríos, donde tradicionalmente estos derivados han sido descargados, por ello el enfoque a considerar debe ser relacionado con que la vinaza es un subproducto útil de la destilación del alcohol etílico y que se convierte en contaminante cuando se dispone inadecuadamente en el suelo o en cursos de agua. (EEAOC, 2018).

Este problema, de la contaminación que provoca, se ve multiplicado debido al volumen tan elevado de vinaza producida en la elaboración del alcohol. Enfoques distorsionados respecto a este tópico no han permitido reconocer en la vinaza un material cuya riqueza como fertilizante es evidente debido a su composición mineral, que ofrece grandes posibilidades para un empleo racional y económico, así como sus beneficios para el suelo y los cultivos, empleada de esta forma y bajo un eficiente esquema de monitoreo. La vinaza, utilizada adecuadamente, puede ser una alternativa sostenible para mejorar la productividad del cultivo de la caña de azúcar. Su integración como fertilizante contribuye a la economía circular, al reutilizar subproductos industriales en la agricultura. (Suárez *et al.*, 2024).

Pineda *et al.*, (2020) y Takata, (2020), de acuerdo a los resultados obtenidos en sus investigaciones, coinciden en que la aplicación de vinaza produce efectos variables, según el tipo de suelo y las condiciones climáticas. La fertilización con este residuo líquido de la

agroindustria azucarera, puede causar efectos negativos, tales como, lixiviación de nutrientes, problemas de salinidad, deterioro de la calidad del suelo por desbalance de nutrientes, reducción de la alcalinidad e incremento de la fitotoxicidad.

Autores como Arzola *et al.*, (2012); Pineda *et al.*, (2015); Jiménez, (2017); Pineda *et al.*, (2020) se refieren a un grupo de efectos beneficiosos encontrados en sus investigaciones, como el incremento en el rendimiento agrícola de los cultivos y mejoras en las propiedades físico-químicas del suelo como aumento del pH, de la disponibilidad de nutrientes y retención de cationes por el suelo, además de incrementarse la capacidad de retención de humedad, el mejoramiento de la estructura física del suelo y proliferación intensa de la población y actividad microbiana.

Por todo lo antes expuesto el objetivo de este trabajo radicó en evaluar el efecto de la aplicación de vinaza pura en indicadores de crecimiento de las plantas *in vitro* y de parámetros químicos en un suelo Ferralítico rojo durante los primeros 60 días de desarrollo del cultivo.

Materiales y Métodos

En el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar en Villa Clara (INICA VC) ubicado en el municipio Ranchuelo, provincia de Villa Clara, se desarrolló el experimento en condiciones semi controladas, plantado el día 11/8/2023, conducido a partir de esta fecha hasta el 12/10/2023, por espacio de 60 días. El suelo empleado 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 plantas *in vitro* cultivar de caña de azúcar C10-171, 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.

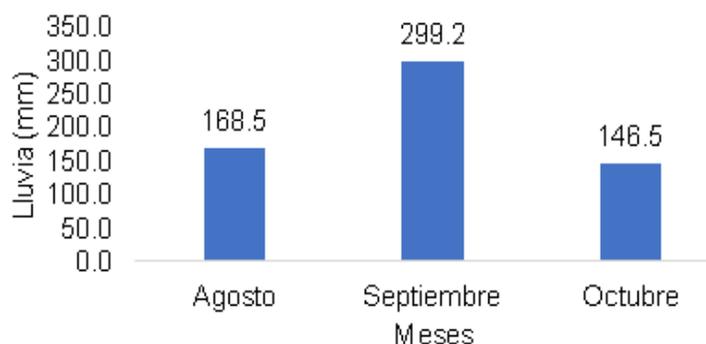


Figura 1. Lluvia recibida durante la duración del experimento

El diseño empleado fue completamente aleatorizado, se utilizaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones, los que se describen a continuación:

- I- Testigo absoluto (sin fertilizantes)
- II- NPK recomendado por el Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas para la caña de azúcar (SERFE)
- III- 60 m³ ha⁻¹ de vinaza pura
- IV- 120 m³ ha⁻¹ de vinaza pura

La vinaza, procedente de la destilería ubicada en la EAA "Antonio Sánchez", fue analizada por el Laboratorio del ICIDCA, para conocer fundamentalmente el pH, determinado por el método potenciométrico y los contenidos de nitrógeno por el método de Kjeldahl, el fósforo por el método colorimétrico y el potasio por fotometría de llama.

El suelo se muestreó al inicio, previo al montaje del experimento y una vez concluido el mismo. Las determinaciones realizadas fueron: pH en KCl por el método potenciométrico (relación suelo - solución 1:2,5); contenido de materia orgánica (método de Walkey-Black); fósforo y potasio asimilables por el método de Oniani; los que se hicieron según se describen en el manual del laboratorio del INICA (2015).

Se evaluó la brotación en diferentes momentos 25, 30, 35, 45 y 60 días. A todas las plantas *in vitro*, se le determinó el número de hojas totales y activas, a los 30,35 y 45 días; la altura, el diámetro del tallo y el largo de la hoja +1, a los 45 y 60 días, así como el estado fitosanitario del cultivo.

Toda la información que se obtuvo de los indicadores evaluados se procesó mediante el paquete estadístico STATISTICA versión 8. La normalidad de los datos 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≤0.05.

Resultados y Discusión

✓ Características de la vinaza de destilería

Las determinaciones realizadas en la muestra de vinaza mostraron valores (Tabla 1), similares a los encontrados por varios autores, entre ellos Arzola *et al.* (2012), apreciándose que el contenido de potasio, es elevado, mientras que el de nitrógeno es moderado y el de fósforo bajo, pero no despreciable.

Tabla 1. Caracterización de la vinaza de caña de azúcar

Método de Ensayo	Unidad de medida	Valores
pH	-	4.45
Nitrógeno	mg L ⁻¹	400.00
Fósforo		63.28
Potasio		2 450.00

El aporte de estos valores de NPK, expresados en nutrientes activos por hectárea, a las dosis que se empleó la vinaza pura (60 y 120 m³ ha⁻¹), se muestra en la tabla 2, donde se aprecia que el aporte de potasio, ya desde la menor dosis de vinaza (60 m³ ha⁻¹) está por encima del valor medio requerido por el cultivo de la caña de azúcar.

Tabla 2. Aporte de nutrientes activos con la aplicación de vinaza

Vinaza	Nutrientes	Aporte
m ³ ha ⁻¹		kg ha ⁻¹
60	N	24.0
	P ₂ O ₅	8.7
	K ₂ O	179.3
120	N	48.0
	P ₂ O ₅	17.4
	K ₂ O	358.7

✓ **Influencia sobre indicadores de fertilidad química del suelo.**

El suelo en el muestreo inicial, 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); el contenido de materia orgánica resultó bajo y los contenidos asimilables de fósforo y potasio no mostraron deficiencias de los mismos, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Indicadores de fertilidad química del suelo

pH en KCl	MOS	P₂O₅	K₂O
	%	mg 100g ⁻¹	
7.4	1.22	7.77	17.68

Al concluir el experimento, en el muestreo final del suelo se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos empleados, en algunos de los indicadores químicos evaluados (Tabla 4).

Tabla 4. Influencia de los diferentes tratamientos sobre los indicadores químicos evaluados en el muestreo final del suelo.

Tratamientos	pH en KCl	MOS	P ₂ O ₅	K ₂ O
		%	mg 100g ⁻¹	
I-Testigo Absoluto	7,43 a	1,24 c	9,26 a	15,81 b
II-NPK (SERFE)	7,63 a	1,28 c	10,39 a	18,63 ab
III-60 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	7,65 a	1,47 b	12,70 a	18,44 ab
IV-120 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	7,63 a	1,58 a	13,16 a	19,96 a
n	16	16	16	16
media	7,58	1,39	11,38	18,21
p	0,0860	<0,0001	0,0692	0,0363
EE	0,04	0,04	0,65	0,67
CV	1,59	3,58	17,87	9,09

Valores promedio con la misma letra, dentro de cada columna, indican no diferencia significativa según la Prueba de Tukey ($p < 0,05$). Número de observaciones (n), EE (Error Estándar), CV (Coeficiente de Variación) y $p < 0,05$.

El grado de acidez del suelo (pH) no sufrió modificaciones significativas por efecto de la aplicación de vinaza, los valores de pH en todos los casos se mantuvieron en la categoría de neutro, SERFE (2013). Estos resultados son similares a los obtenidos por Armengol *et al.* (2023) y Del Pino *et al.* (2017), los que no obtuvieron modificaciones significativas del pH del suelo después de aplicada la vinaza en sus investigaciones.

El contenido de materia orgánica mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, los valores más elevados fueron alcanzados cuando se aplicó la dosis de 120 m³ ha⁻¹ de vinaza. También Pineda *et al.* (2020), después de la aplicación continua de vinaza en campos cultivados con caña de azúcar, encontraron que en 80% de éstos el contenido de materia orgánica estaba en categorías de media a muy alta según la Guía de la Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal de Producción Agrícola, Villar y Villar (2016).

En estudio realizado por Otoya (2022) en el que monitoreó el suelo donde se aplicó vinaza en intervalos de 15, 30, 60, 90, 120 y 270 días encontró que la materia orgánica se incrementó en la misma proporción en que se incrementaron las dosis de vinaza.

El fósforo asimilable no mostró diferencias significativas entre tratamientos, lo que coincide con los resultados encontrados por Takata (2020), al considerar poco influyente el aporte de este elemento con la aplicación de vinaza, debido a la poca movilidad del mismo en el suelo y

porque transita a formas cada vez menos solubles en el suelo, con el paso del tiempo. Sin embargo, el valor observado correspondiente al tratamiento de 120 m³ ha⁻¹ de vinaza correspondió a la categoría “Muy Alto” del SERFE (≥ 13.0 mg de P₂O₅/100 g de suelo).

En lo relacionado con el contenido de potasio asimilable del suelo, todos los tratamientos superaron al testigo absoluto, lo que manifiesta la factibilidad de la vinaza para aportar este nutriente al suelo y mostrar resultados similares a la fertilización mineral, sin embargo, todos los valores permanecieron en la misma categoría (Alto $\geq 15.5 < 25.7$ para suelos del grupo 1 especificado por el SERFE). Otoyá (2022) observó que la concentración de los elementos de la química del suelo no tuvo variaciones significativas, excepto el potasio, que se incrementó no solo con concentraciones mayores de vinaza si no también con el paso de los días, lo que coincide con resultados encontrados por Pineda *et al.* (2020), en estudios realizados en caña de azúcar.

Efecto de los diferentes tratamientos en el crecimiento vegetativo de las plantas *in vitro*.

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.

✓ **Supervivencia**

En cuanto a la supervivencia de las plantas *in vitro*, se pudo apreciar (Tabla 5), que las diferencias detectadas entre tratamientos se encontraron a los 60 días, donde todos los tratamientos empleados superaron al testigo, y donde los valores superiores correspondieron con los tratamientos con vinaza, lo que evidencia que la vinaza puede ser utilizada en esta fase con resultados positivos para este indicador. Pineda *et al.* (2021) al emplear lodo del biogás a partir de vinaza en plantas *in vitro* encontró una supervivencia de más de 60%, lo que coincide con los resultados encontrados en este trabajo.

Tabla 5. Efecto de los diferentes tratamientos sobre la supervivencia de plantas *in vitro* a diferentes edades.

Tratamientos	Supervivencia a diferentes edades (días)			
	15	30	45	60
	No. plantas			
I-Testigo absoluto	3,00 a	2,75 a	2,00 a	1,25 b
II-NPK (SERFE)	2,50 a	2,50 a	2,50 a	2,50 ab
III-60 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	2,96 a	2,94 a	2,96 a	2,98 a
IV-120 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	2,96 a	2,94 a	2,96 a	2,98 a

Tratamientos	Supervivencia a diferentes edades (días)			
	15	30	45	60
n	16	16	16	16
media	2,88	2,81	2,63	2,44
p	0,4284	0,4166	0,0539	0,0103
EE	0,13	0,14	0,15	0,22
CV	17,22	16,31	18,86	25,77

Valores promedio con la misma letra, dentro de cada columna, indican no diferencia significativa según la Prueba de Tukey ($p < 0,05$). Número de observaciones (n), EE (Error Estándar), CV (Coeficiente de Variación) y $p < 0,05$.

✓ **Número de hojas totales y activas**

A la edad de 60 días en lo relativo al número de hojas totales y activas según se observa en la tabla 6 se detectaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos empleados, superando todos al testigo absoluto, mientras que a las edades anteriores en que se evaluó este indicador no se encontraron diferencias entre tratamientos. Resultados obtenidos por Tuesta (2017) en plantas de maíz, confirman que no se observaron diferencias significativas en este indicador, después de tres meses de riego con vinaza.

Tabla 6. Número de hojas totales y activas a diferentes edades

Trata- mientos	Hojas totales				Hojas activas			
	Días							
	15	30	45	60	15	30	45	60
	No. hojas							
I	4,50 a	5,00 a	6,00 a	6,00 b	4,50 a	5,00 a	5,75 a	4,50 b
II	4,75 a	5,75 a	5,50 a	7,50 ab	4,50 a	5,75 a	5,00 a	7,00 a
III	5,50 a	6,50 a	7,25 a	7,75 ab	5,50 a	6,50 a	6,75 a	7,75 a
IV	6,75 a	7,75 a	8,75 a	9,75 a	6,75 a	7,25 a	7,25 a	8,25 a
n	16	16	16	16	16	16	16	16
media	5,38	6,25	6,88	7,75	5,31	6,13	6,19	6,88
p	0,1184	0,1161	0,0603	0,0165	0,0669	0,2343	0,1406	0,0029
EE	0,35	0,40	0,46	0,43	0,35	0,38	0,36	0,44
CV	23,41	23,25	22,35	16,38	21,79	24,19	21,25	15,14

Valores promedio con la misma letra, dentro de cada columna, indican no diferencia significativa según la Prueba de Tukey ($p < 0,05$). Número de observaciones (n), EE (Error Estándar), CV (Coeficiente de Variación) y $p < 0,05$

✓ **Altura y diámetro del tallo**

La altura de los tallos (importante componente del rendimiento agrícola), resultó un indicador favorecido por la aplicación de las fuentes portadoras de nutrientes, lo que significa que la vinaza puede emplearse como una fuente alternativa para el suministro de nutrientes al cultivo en esta etapa de su desarrollo. Resultados similares mostraron González *et al.* (2024), al probar los mismos tratamientos en un experimento en condiciones semi controladas sobre suelo Ferralítico rojo, empleando yemas aisladas para su propagación.

Para este indicador, en las evaluaciones realizadas a los 30, 45 y 60 días, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, donde el testigo fue superado por el resto de los tratamientos (Figura 2). 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.

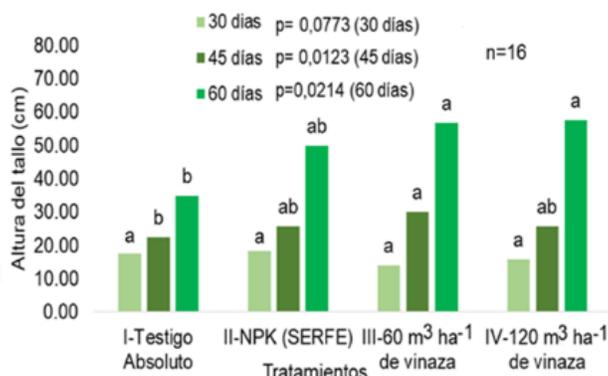


Figura 2. Altura de los tallos a diferentes edades evaluadas

Valores promedio con la misma letra, indican no diferencia significativa según la Prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Relacionado con el diámetro del tallo (otro importante componente del rendimiento agrícola), la Tabla 7, muestra los resultados obtenidos, donde los tratamientos empleados no tuvieron influencia en este indicador.

Tabla 7. Diámetro de los tallos a diferentes edades

Tratamientos	Diámetro del tallo (mm)	
	45	60
	(días)	
I-Testigo Absoluto	10,38 a	14,82 a
II-NPK (SERFE)	8,70 a	14,14 a
III-60 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	9,75 a	13,37 a
IV-120 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	10,30 a	14,35 a
n	16	16
media	9,78	14,17
p	0,3460	0,4546
EE	0,36	0,37
CV	14,11	8,74

Valores promedio con la misma letra, dentro de cada columna, indican no diferencia significativa según la Prueba de Tukey ($p < 0,05$). Número de observaciones (n), EE (Error Estándar), CV (Coeficiente de Variación) y $p < 0,05$

Estos resultados, coinciden con los encontrados por Mejía (2012) 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 gran 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.

✓ **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 30, 45 y 60 después de plantado no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, por lo que las aplicaciones realizadas de fertilizante mineral y vinaza en dos diferentes dosis no contribuyeron en las plantas *in vitro* al crecimiento en longitud de la hoja +1, tejido de importancia en este cultivo, denominado tejido indicador. La Tabla 8 muestra estos resultados.

Tabla 8. Longitud de la hoja +1 a diferentes edades

Tratamientos	Largo hoja +1 por edades (cm)		
	30	45	60
	días		
I-Testigo Absoluto	65,00 a	91,25 a	118,29 a
II-NPK (SERFE)	52,21 a	73,50 a	101,35 a
III-60 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	54,42 a	104,54 a	110,74 a
IV-120 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	58,25 a	91,29 a	117,23 a
n	16	16	16
media	57,37	90,15	111,90
p	0.2764	0.5442	0.2475
EE	2,32	7,37	3,37
CV	15,86	32.42	10,86

Valores promedio con la misma letra, dentro de cada columna, indican no diferencia significativa según la Prueba de Tukey ($p < 0,05$). Número de observaciones (n), EE (Error Estándar), CV (Coeficiente de Variación) y $p < 0,05$

✓ **Estado fitosanitario**

En el experimento, se detectó la enfermedad roya parda [organismo causal: *Puccinia melanocephala* H. y P. Sydow], en grado 1 de severidad (hasta 5 % del área foliar afectada en la hoja +3) en todos los casos, ya que no se desarrollaron pústulas mayores de 1 mm. La reacción hospedante - patógeno fue moderadamente resistente a esta enfermedad, resultando el cultivar C10-171 resistente, según las pruebas de resistencia realizadas por el INICA (2023).

Conclusiones

- La composición química de la vinaza resultó adecuada para ser añadida al suelo, destacándose su mayor aporte nutricional con relación al potasio.
- Los valores determinados en la caracterización química en el muestreo final del suelo demostraron que con la aplicación de vinaza los indicadores evaluados pueden si no mejorarse, al menos permanecer en rangos que no afectan al suelo ni al cultivo. Los mayores aportes se identificaron con la dosis de 120 m³ ha⁻¹.
- Sólo a los 60 días en las evaluaciones realizadas de supervivencia y número de hojas totales y activas, se encontró una influencia favorable de los tratamientos empleados (fertilización mineral y vinaza).

- 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 los diferentes tratamientos no influyó sobre el diámetro del tallo, el largo de la hoja +1 y el estado fitosanitario de las plantas en ninguno de los conteos realizados.
- La vinaza constituye una fuente alternativa, para ser aplicada en caña de azúcar a partir de plantas *in vitro* durante los primeros 60 días de su desarrollo capaz de beneficiar indicadores químicos del suelo y fenológicos del cultivo.

Recomendaciones

- Realizar estudios similares, empleando diferentes tipos de suelo y cultivares.

Referencias Bibliográficas

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, 24(3), 67-71. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba. p..

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 pp..

Chávez, M. (1999). Nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica. XI Congreso Nacional Agronómico.

Del Pino, A., Casanova, O., Hernández, J., Takata, V., Panissa, G. (2017). Efecto de la aplicación de vinaza en suelos bajo cultivo de caña de azúcar. Ciencias Agronómicas - Revista XXX - Año 17. p. 030 – 036.

EEAOC. (2018). Aplicación sustentable de vinaza en suelos del noroeste argentino. Avance industrial. pp. 20-28.

González, J., Pineda, E., Lago, J., Almogoea, M. (2024). Influencia de la aplicación de vinaza sobre el suelo y la caña de azúcar en su etapa inicial de desarrollo. Revista Agroecosistemas. 11(3), 118-124. sept-dic 2023. Publicado abril 2024. p.

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 pp. ISBN 978-959-7023-77-7.

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

INICA (2023). Nueva variedad a evaluar en pruebas de extensión para condiciones de estrés por sequía. Ficha técnica. Cultivar: C10-171. 2 pp.

Jiménez, R. (2017). Evaluación del efecto de aplicación de vinazas sobre las propiedades físico químicas y actividad biológica en un suelo de orden Inceptisol cultivado con caña de azúcar en la vereda la primavera – municipio de Villa rica norte del Cauca. 2017. Tesis para optar el título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente Universidad de Manizales. Facultad de Economía Cali – Colombia. 75 pp.

Maradiaga, W., Rodriguez, Wagner Pêgo, A., Junior, J., 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), 252-257.

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 pp.

Ospina, L., Manotas, D., Ramirez, H. (2023). Desafíos y oportunidades de la vinaza de caña de azúcar. Un análisis bibliométrico. *Ingeniería y competitividad.* 25 (1). ISSN 0123-3033. On-line versión ISSN 2027-8284. <https://doi.org/10.25100/jyc.v25i1.12144>

Otoya Z. (2022). Efecto de la vinaza en el suelo de cultivo de *Saccharum officinarum* L. "caña de azúcar". *Revista Ciencia y Tecnología*, ISSN 1810-6781 *Rev. Cienc. Tecnol.* 18 (2), 141-146.

Pineda, E., Chico, Y., Vidal M., Becerra, E., Acosta, F., Fernández, 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.

Pineda E., Arzola N. (†), Vidal M., de León M., Rodríguez J., Lugo I. (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. *Logro AZCUBA.* 29 p.

Pineda, E., Bernal, A., Gómez, R., Más, R., Mora, R., Aguiar, T. (2021). Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento vegetativo de plantas *in vitro* de caña de azúcar, en fase de aclimatación (*Saccharum* spp.). *Revista ICIDCA.* Septiembre – diciembre. 55 (3), 22 – 31.

SERFE (2013). Manual de Procedimientos del Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas de la caña de azúcar. 20 pp.

Suárez, M., Garzón, M. (2024). Efecto de la vinaza en el rendimiento azucarero y calidad de caña de azúcar, aplicada con el riego, en el Ingenio Valdez; Milagro. *Recimundo.* 8(3), 371-391.

Takata, V. (2020). Aplicación de vinaza al suelo. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Opción Ciencias del Suelo. Unidad de Postgrado y Educación Permanente de la Universidad de la República Uruguay. Diciembre. 60 pp.

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 arbusculares (HMA). Tesis para obtener el grado académico de maestro en ciencia 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.