

Efecto de la vinaza en el suelo de cultivo de *Saccharum officinarum* L. “caña de azúcar”

Effect of the vinasse in the cultivation soil of *Saccharum officinarum* L.
“sugar cane”

Antonio M. Otoy Zelada*

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

* Autor correspondiente: Antonio_Otoya@hotmail.com (A. Otoy)

DOI: [10.17268/rev.cyt.2022.02.12](https://doi.org/10.17268/rev.cyt.2022.02.12)

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo determinar el efecto de la vinaza en el suelo de cultivos de *Saccharum officinarum* L. “caña de azúcar”. La vinaza utilizada para los ensayos se obtuvo de la Destilería de la empresa Casa Grande SAA y la aplicación se realizó conjuntamente con el agua de riego mediante tanque cisterna. Se realizó en 5 bloques con 3 repeticiones, cada bloque con la dosis T1: Testigo, T2: 30 m³.ha⁻¹, T3: 60 m³.ha⁻¹, T4: 110 m³.ha⁻¹, T5: 220 m³.ha⁻¹, y se analizó las muestras a los 15, 30, 60, 90, 120 y 270 días de aplicada la vinaza. Se determinó que existe diferencia significativa en la Conductividad Eléctrica (C.E.) y en la concentración de potasio cambiante y disponible, mientras que el pH, la Capacidad de Intercambio Catiónico, Ca, Mg, Na, N, P, materia orgánica, carbonatos y micronutrientes como el B y Cu, no hay diferencia significativa. Se concluye que la aplicación de la vinaza en los cultivos de caña de azúcar tiene efecto significativo sobre el K, que es importante en el crecimiento del cultivo.

Palabras clave: Vinaza; suelo; caña de azúcar; riego; parámetros químicos.

ABSTRACT

The research aims to determine the effect of vinasse on the soil of *Saccharum Officinarum* L. "sugar cane" crops. The sample used for the tests was obtained from the Distillery of the Casa Grande SAA company and the application was carried out together with the irrigation water by means of a cistern tank. It was carried out in 5 blocks with 3 repetitions, each block with the dose T1: Control, T2: 30 m³.ha⁻¹, T3: 60 m³.ha⁻¹, T4: 110 m³.ha⁻¹, T5: 220 m³.ha⁻¹, and the samples were analyzed at 15, 30, 60, 90, 120 and 270 days after applying the vinasse. It was determined that there is a significant difference in the Electrical Conductivity (EC) and in the concentration of exchangeable and available potassium, while the pH, the Cation Exchange Capacity, Ca, Mg, Na, N, P, organic matter, carbonates and micronutrients like B and Cu, there is no significant difference. It is concluded that the application of vinasse in sugarcane crops has a significant effect on K, which is important in crop growth.

Keywords: Vinasse; ground; sugar cane; irrigation; chemical parameters.

1. INTRODUCCIÓN

La vinaza es un derivado de la destilería del alcohol a partir de la miel de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), su composición química (altos contenidos de potasio) le confiere atributos que progresivamente la han llevado a ser considerada como un fertilizante no tradicional de uso potencial y al igual que la mayoría de residuos orgánicos pecuarios e industriales (Leal et al., 2003). Es considerado un mejorador de suelos, tanto en la parte física y química, lo que hace factible su uso como fertilizante orgánico en suelos vertisoles (Alfaro y Ocampo, 2013).

Diversos estudios se han realizado en el análisis de la vinaza y su efecto en cultivos de caña de azúcar, como el incremento de nitratos (Da Silva et al., 2013), de potasio (Alfaro y Ocampo, 2013) y mejora más el suelo cuando se usa en tratamientos combinados con fertilización química, mejorando la fertilidad del suelo (Álvarez et al., 2007; Rosseto et al., 2013).

La vinaza como producto es un impacto negativo cuando se vierten en medio acuoso (Filho et al., 2013) y positivo cuando se inyecta a los suelos (Quiroz y Pérez, 2013). El uso de este insumo como fertilizante en el cultivo de caña de azúcar es importante factor económico debido a los resultados positivos en aumento de



producción de caña y sin afectar su calidad, al contrario, lo aumenta (Korndörfer *et al.*, 2010). Efectos similares causa en los viñedos, aunque presenta un mayor enraizamiento en los primeros centímetros (Callejas et al., 2014).

En Casa Grande se produce aproximadamente 1'302,000 L de vinaza por día, durante el proceso de destilación, este producto generalmente es desechado al alcantarillado o en su defecto aplicado a los campos de cultivos como práctica de fertiirrigación (Setemin Ingenieros S.A.C., 2012; Guardia, y Ruiz, 2010).

Por los posibles efectos que produce esta práctica en los suelos, se realizó los siguientes ensayos que fueron conducidos en un campo experimental de la empresa Casa Grande SAA. La cual está ubicada; en el Valle Chicama que forma parte de la costa desértica, predominando en su extensión formaciones desierto subtropical y maleza desértica subtropical. La temperatura oscila entre 13.6 – 32 °C, con una precipitación pluviométrica promedio anual de 19,1 mm. El mayor porcentaje de humedad relativa se produce en los meses de Junio – agosto, con un promedio de 95% y la más baja en Enero – Febrero con un promedio de 56%.

El objetivo del presente estudio es determinar el efecto de la vinaza en el suelo de cultivos de *Saccharum Officinarum* L. “caña de azúcar.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Trabajo

El campo experimental se encuentra ubicado en el distrito de Casa Grande, provincia de. Ascope, Departamento de “La Libertad”, cuya ubicación geográfica es: Latitud Sur 7° 45' 5.86” y Longitud Oeste 79°11'5.65”, a una elevación de 145 m (Figura 1).



Figura 1. Mapa de ubicación del campo experimental.

Insumo y Campo experimental

Para el estudio se escogió un suelo del orden Aridisol, Sub-Grupo Typic Anthracambids; de textura franco limoso y sembrado con cultivo de caña de azúcar.

Para la obtención de las características físico-químico del suelo previo a la aplicación de los tratamientos se tomó una muestra compuesta del área de estudio, el cual se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Características químicas de la vinaza de la destilería de la empresa Casa Grande SAA

pH	C.E.	N	K	Ca	Mg	SO4	Na	RAS	B	Cu	Fe	Mn	Zn	CaCO ₃	H2PO4	NO3	Cloruros
(H ₂ O)	dS.m ⁻¹	%				Meq.L ⁻¹					Meq.L ⁻¹			Meq.L ⁻¹			
4.2	29.8	0.2	249.83	77.79	59.4	159	12.3	1.48	1.1	0.309	25.50	1.66	1.456	6481.2	332.98	2.95	238.65

La toma de muestra para el análisis de las características físico-químico del suelo previo a la aplicación de los tratamientos se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Características físico-químico del suelo previo a la aplicación de los tratamientos

Cationes cambiabiles					C.E. dS.m ⁻¹	pH	CaCO ₃ %	M.O. %	N total %	Disponibles					Textura
Ca ⁺²	CIC	K ⁺	Mg ⁺	Na ⁺						P	K	B	Cu	Fe	
Me/100 g										ppm					
40.7	46.1	0.5	4.04	0.74	1.45	7.8	4.83	2.6	0.13	13	209.77	1	6.3	30.7	Franco Limoso

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones (Figura 2). La fertilización nitrogenada y otras variables fue homogénea para todos los tratamientos incluidos el tratamiento testigo, además se analizó las muestras a los 15, 30, 60, 90, 120 y 270 días de aplicada la vinaza.

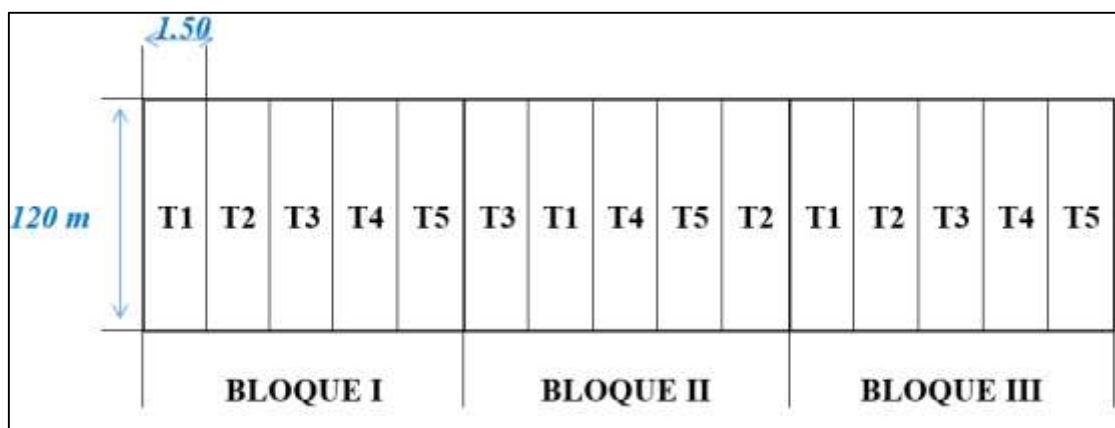


Figura 2. Diseño experimental en bloques completos al azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones (Bloque). Se utilizaron las siguientes dosis de vinaza: T1: Testigo, T2: 30 m³.ha⁻¹, T3: 60 m³.ha⁻¹, T4: 110 m³.ha⁻¹, T5: 220 m³.ha⁻¹

Los análisis de varianza y la prueba de Tukey permitieron comparar los efectos que producen las diferentes concentraciones de vinaza sobre el suelo y la nutrición del cultivo.

Se determinó el análisis de suelo del área experimental y métodos empleados en laboratorio (Tabla 3), además se realizó un análisis químico de la vinaza producida en el ingenio Casa Grande (Tabla 3), así como el diagnóstico nutricional de *Saccharum officinarum* L. a los cuatro meses de edad (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis, método y lectura de características de suelo en cultivo de *Saccharum officinarum* L con aplicación de vinaza

Análisis	Métodos	Lectura
SUELO		
pH	Suelo relación: Agua destilada / 1:2	Potenciómetro, electrodo de vidrio
Materia orgánica (MO)	Método Walkley y Black	Titulación con FeSO ₄
N (Total)	Método de Kjeldahl	Titulación con H ₂ SO ₄
P (asimilable)	Método Olsen	Cuantificación colorimétrica a 882 nm
K	Tiourea de plata 0.01 M	EAA a 328,1 nm
Ca, Mg, Na	Espectrometría, Absorción Atómica	Espectrofotómetro a la llama
Mn, Cu	Espectrometría, Absorción Atómica	Espectrofotómetro a la llama
Fe	Espectrometría, Absorción Atómica	Espectrofotómetro a la llama
Conductividad eléctrica (CE)	Método Potencio métrico	Potenciómetro
Materia Orgánica(MO)	Walkley y Black	Titulación con FeSO ₄
B	Método EPA 200.7:1994	Análisis de elementos Espectrofotómetro de plasma.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación a los valores obtenidos de pH del suelo, se muestra en la tabla 1 que a medida que pasan los días se incrementa ligeramente el nivel de pH del suelo, pero no son significativos a 5% de probabilidad entre las concentraciones de vinaza evaluados (Tabla 4). Los resultados obtenidos en todas las muestras están dentro del rango encontrado por Mite (2005), pero difieren de los determinados por González et al, (2018) quienes trabajaron con un pH ácido.

Tabla 4. Análisis de pH en suelo de cultivos de *Saccharum Officinarum* L. “caña de azúcar” con aplicación de vinaza

Concentración de vinaza (m ³ .ha ⁻¹)	Días después de la aplicación					
	15	30	60	90	120	270
0	7,57 a	7,77 a	7,83 a	7,60 a	7,97 a	7,87 a
30	7,57 a	7,70 a	7,80 a	7,63 a	7,93 a	7,93 a
60	7,60 a	7,77 a	7,67 a	7,60 a	7,97 a	7,97 a
110	7,60 a	7,83 a	7,80 a	7,63 a	7,93 a	7,97 a
220	7,57 a	7,80 a	7,73 a	7,70 a	8,00 a	8,00 a
F	0,92 NS	0,46 NS	0,56 NS	0,75 NS	0,92 NS	0,62 NS
Media	7,58	7,77	7,77	7,63	7,96	7,95
CV%	0,24	0,64	0,86	0,53	0,35	0,64

Valores con letras diferentes difieren estadísticamente

Para la Conductividad Eléctrica (C.E.) en el suelo, se muestra en la tabla 5, que a los 15 días después de la aplicación hay diferencia significativa, es decir a mayor concentración de vinaza mayor es el incremento de C.E., sin embargo, a los 30, 60, 90, 120 y 270 días después de la aplicación de vinaza se tiene un ligero incremento, pero no es significativo. Por otro lado, se muestra que con el paso de los días la C.E. disminuye de su valor inicial indistintamente de la concentración de vinaza aplicada, sin embargo, después de los 30 DDA no se encontró incrementos significativos por la adición de vinaza.

Tabla 5. Análisis de conductividad eléctrica en suelos de cultivos de *Saccharum officinarum* L. “caña de azúcar” con aplicación de vinaza

Concentración de vinaza (m ³ .ha ⁻¹)	Días después de la aplicación					
	15	30	60	90	120	270
0	2,23 ab	2,78 a	2,08 a	2,69 a	2,58 a	0,52 a
30	2,08 a	2,96 a	2,33 a	1,98 a	1,52 a	0,54 a
60	2,50 ab	3,64 a	2,86 a	2,22 a	1,65 a	0,55 a
110	2,21 ab	2,87 a	1,90 a	2,25 a	1,95 a	0,58 a
220	3,93 a	4,02 a	3,12 a	2,42 a	1,65 a	0,55 a
F	0,3 *	0,22 NS	0,23 NS	0,90 NS	0,44 NS	0,83 NS
Media	2,59	3,25	2,46	2,31	1,87	0,55
CV%	29,61	16,80	21,11	11,38	22,86	4,14

Valores con letras diferentes difieren estadísticamente.

En la tabla 6, respecto a la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), no se ve incrementada por la adición de distintas concentraciones crecientes de vinaza, esto indica que el aporte de cationes por la vinaza utilizada en el ensayo ha sido mínimo. Sin embargo, se observa que con el paso de los días del ciclo de cultivo de la caña de azúcar esta CIC va disminuyendo llegando a valores de 30 meq.100g⁻¹ en promedio, esto debido a la absorción de nutrientes por parte del cultivo de caña de azúcar (González et al, 2018; Mite, 2005).

Tabla 6. Valores de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en meq.100 g⁻¹ en suelos de cultivos de *Saccharum Officinarum* L. “caña de azúcar” con aplicación de vinaza

Concentración de vinaza (m ³ .ha ⁻¹)	Días después de la aplicación					
	15	30	60	90	120	270
0	44,05 a	44,72 a	41,72 a	40,87 a	39,19 a	30,26 a
30	42,12 a	43,79 a	41,74 a	44,04 a	39,99 a	30,79 a
60	42,19 a	44,37 a	42,65 a	41,20 a	39,27 a	30,24 a
110	42,60 a	44,00 a	42,01 a	43,74 a	39,36 a	30,07 a
220	44,65 a	40,66 a	43,02 a	40,55 a	39,81 a	30,34 a
F	0,59 NS	0,19 NS	0,94 NS	0,80 NS	0,91 NS	0,86 NS
Media	43,12	43,51	42,23	42,08	39,52	30,34
CV%	2,68	3,75	1,38	3,97	0,90	0,89

Valores con letras diferentes difieren estadísticamente

Respecto a la concentración de cationes cambiables, como el calcio y nitrógeno, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, pero hay una ligera tendencia a disminuir el Ca en el suelo, pero no resulta significativo, estos resultados no coinciden con los de Da Silva et al., (2013), quienes determinaron la concentración de nitratos en el suelo incrementan ante dos concentraciones de vinaza. Resultado similar se encuentra para la concentración de sodio y magnesio, los cuales no presentan diferencia significativa en los

tratamientos entre los días 15 y 120, pero a los 270 días si se encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos siendo, para el magnesio, el tratamiento con más alto contenido la aplicación de 30 m³ .ha⁻¹ de vinaza y el de menor el tratamiento con 220 m³ .ha⁻¹, mientras que para el sodio la concentración de 220 m³ .ha⁻¹ fue la que disminuyó más la concentración de sodio cambiante en el suelo.

Otro catión cambiante que se analizó fue el potasio, tal como se muestra en la tabla 7, se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y entre los días transcurridos después de la aplicación de vinaza, es decir a mayor concentración de vinaza aplicada tenemos mayor incremento de K cambiante en el suelo. En la mayoría de campos a los 3 meses de cultivo (45 días después de la aplicación de vinaza) hay incrementos en la concentración de K disponible y mínima variación del K cambiante, incluso en los cuarteles sin aplicación de vinaza estimándose que es debido al aporte del agua de río y el aporte del suelo (Tabla 7).

Al usar vinaza, la concentración foliar de plantas desarrolladas muestra pequeños incrementos en el nivel de K foliar a los 45 días después de aplicación y a la cosecha. Los resultados coinciden con diversos estudios que también determinaron un aumento en la concentración de potasio en el suelo (Alfaro y Ocampo, 2013; González et al, 2018), que va aumentando con el pasar de los días (Mite, 2005), hasta incluso llegar duplicar su concentración (Gómez, 1995).

Por todo lo expuesto en los resultados de suelo y foliar se puede afirmar que con la dosis aplicada de vinaza (60 m³ .ha⁻¹) no cubre las exigencias de potasio por el suelo y por la planta de los campos.

Tabla 7. Valores de Valores de Potasio cambiante (meq.100g⁻¹) en suelos de cultivos de *Saccharum officinarum* L. “caña de azúcar” con aplicación de vinaza

Concentración de vinaza (m ³ .ha ⁻¹)	Días después de la aplicación					
	15	30	60	90	120	270
0	0,52 b	0,45 b	0,547 b	0,60 b	0,47 b	0,27 b
30	0,50 b	0,59 b	0,587 b	0,66 b	0,60 b	0,36 b
60	0,69 ab	0,97 ab	0,903 b	0,84 b	0,74 b	0,43 b
110	0,70 ab	0,99 ab	1,097 b	1,03 ab	0,91 ab	0,41 b
220	1,74 a	2,22 a	2,263 a	2,59 a	1,42 a	0,77 a
F	0,03 *	0,06 *	0,01 **	0,01 **	0,002 **	0,001 **
Media	0,83	1,04	1,08	1,14	0,83	0,45
CV%	2,49	66,89	64,85	72,03	44,29	42,23

Valores con letras diferentes difieren estadísticamente

También se analizó la materia orgánica, que fue disminuyendo con el paso de los días, pero no presentó diferencia significativa. Lo mismo ocurrió con el análisis de contenido de carbonatos y el fósforo disponible, que, a pesar de presentar ligeras variaciones en los tratamientos, estos no son estadísticamente significativos. Pero en el caso del Potasio disponible se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos a los 15, 30, 60, 90, 120 y 270 días después de la aplicación. Los tratamientos con vinaza registraron valores de 181.23 a 652.18 mg.Kg⁻¹ a los 15 días después de la aplicación de vinaza, lo que representa un incremento de 2.47 a 268.75% de K disponible con respecto al tratamiento sin vinaza, lo mismo sucedió en los siguientes días de evaluación. Estos resultados difieren de los determinados por Armegol et al. (2003) quienes encontraron cambios significativos en materia orgánica en un suelo que utilizó vinaza como enmienda orgánica.

Se manifiesta además que a mayor concentración de vinaza aplicada se tiene mayor incremento de K disponible en el suelo. Por otro lado, no existe una tendencia clara de lo que sucede con el Potasio disponible en el suelo durante los días transcurridos después de la aplicación de vinaza, sólo la concentración a 220 m³ .ha⁻¹ mostró un incremento considerable a los 90 DDA, para luego disminuir en los días subsiguientes.

Tabla 8. Valores de Valores de Potasio disponible (meq.100g⁻¹) en suelos de cultivos de *Saccharum Officinarum* L. “caña de azúcar” con aplicación de vinaza

Concentración de vinaza (m ³ .ha ⁻¹)	Días después de la aplicación					
	15	30	60	90	120	270
0	176,86 b	210,95 b	155,89 b	261,17 b	208,80 b	123,28 b
30	181,23 b	247,67 b	176,72 b	276,02 b	260,82 b	156,67 b
60	237,45 ab	425,93 ab	261,22 b	354,84 b	331,79 b	197,17 b
110	251,59 ab	423,43 ab	323,47 ab	418,47 b	428,38 b	190,55 b
220	652,18 a	891,82 a	744,40 a	1062,55 a	732,93 a	376,80 a
F	0,03 *	0,08 *	0,01 **	0,01 **	0,001 **	0,002 **
Media	299,86	439,96	332,34	474,61	390,54	208,89
CV%	66,61	61,63	72,20	70,53	53,29	47,10

Valores con letras diferentes difieren estadísticamente

En el caso de micronutrientes como el Boro y el Cobre, se determinó que en todos los tratamientos existe una disminución en la concentración a partir del día 270, pero no existe diferencia estadística significativa.

4. CONCLUSIONES

Se determinó que la aplicación de vinaza en el suelo de cultivo de *Saccharum officinarum* L. “caña de azúcar, de la Destilería de la empresa Casa Grande SAA, tiene efecto significativo en la concentración de potasio cambiante y disponible, así como en la Conductividad Eléctrica (C.E.). Pero no se determinó un efecto significativo en el análisis de pH, la Capacidad de Intercambio Catiónico, y tampoco en las concentraciones de Ca, Mg, Na, N, P, materia orgánica, carbonatos y micronutrientes como el B y Cu.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, R.; Ocampo, R. 2013. Cambios Físico-Químicos provocados por la vinaza en un suelo Vertisol en Costa Rica. Trabajo publicado por la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). 13 p.
- Álvarez, A.; García, R.; Casares, I.; Jiménez, R. 2007. Posibilidades de aplicación de vinazas en suelos rojos de la mancha España. Rev. Pilquen- Sección Agronomía, VIII (8): 1-16.
- Armogol, J.; Lorenzo, R.; 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.
- Callejas, R.; Silva, A.; Peppi, C.; Seguel, Ó. 2014. Factibilidad agronómica del uso de vinaza, subproducto de la fabricación del pisco, como biofertilizante en viñedos. Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas 8(2): 230-241
- Da Silva, A.; Rosseto, R.; Thorburn, P.; Biggs, J.; Muraoka, T. 2013. Occurrence and simulation of nitrification in sugarcane vinasse applied to soil. Proc. Int. Sugar Cane Technol., 28: 1-10.
- Filho, F.; Lima, J.; Rocha, A. 2013. Fertirrigación con vinaza: *Alteraciones químicas del suelo y contaminaciones de aguas subterráneas*. XIX Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centro América –ATACA. San José. Costa Rica. 12 p.
- Gómez, J. 1995. Efecto de la vinaza sobre la producción de caña de azúcar bajo tres regímenes de fertilización mineral. Bioagro, 7(1): 22-28.
- González, F.; Cabezas, M.; Ramírez-Gómez, M.; Ramírez, J. 2018. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 21(2): 395-404.
- Guardia, L. y Ruiz, M. 2010. Reutilización de vinazas producidas durante la destilación alcohólica. Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima-Perú. 10 p.
- Korndörfer, G.; Nolla, A.; Gama, A. 2010. Manejo, aplicación y valor fertilizante de la vinaza para caña de azúcar y otros cultivos. Tecnicaña, Nota técnica: 23-28.
- Leal, G.; Chirinos, E.; Leal, M.; Morán, H.; Barrera, W. 2003. Caracterización fisicoquímica de la vinaza del Agave cocui y su posible uso agroindustrial. Multiciencias, 3(2): 1-12.
- Mite, J. 2005. Curva de Absorción de Nutrientes del Cultivo de Caña de Azúcar en el Valle de Cantarranas, Compañía Azucarera Tres Valles, Francisco Morazán, Honduras. Tesis de grado, Zamorano. 55 pp.
- Quiroz, I. y A. Pérez. 2013. Vinaza y compost de cachaza en la calidad del suelo cultivado con caña de azúcar. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Pub. Esp. N° 5, p. 1069-1075.
- Rosseto, R.; Vitti., A.; Dias, F.; Piemonte, M.; Silva, A.; Chopart, J. 2013. Vinasse enhances sugarcane roots in a sandy Brazilian soil. Proc. Int. Sugar Cane Technol., 28: 1-15.
- Setemin Ingenieros S.A.C. 2012. Estudio Semidetallado de suelos “PAMA CASA GRANDE SAA.” Empresa Consultora de Servicios Ambientales. 226 p.