

**Evaluación de dos tipos de vinaza como
fertilizante y acondicionador de suelo en el
cultivo de frijol**

Juan Fernando Cordero Llarena

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2019

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Evaluación de dos tipos de vinaza como fertilizante y acondicionador de suelo en el cultivo de frijol

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Juan Fernando Cordero Llarena

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2019

Evaluación de dos tipos de vinaza como fertilizante y acondicionador de suelo en el cultivo de frijol

Juan Fernando Cordero Llarena

Resumen. Vinaza es un subproducto al elaborar etanol a partir de caña de azúcar. Por litro de etanol se producen 15 litros de vinaza, esta gran producción genera problema para su almacenamiento y la respuesta es darle uso a este residuo. El objetivo fue evaluar el efecto de dos tipos de vinaza: tratada (VT) y pura (VP), como fertilizante y acondicionador de suelo en el cultivo de frijol var. Amadeus77. El estudio se realizó en Zamorano, Honduras. Se evaluaron cinco dosis de cada producto (0.6, 2.9, 14.3, 114.3 y 286.6 m³/ha) fraccionada a los 15, 30 y 45 días después de siembra-DDS. Se utilizó BCA con tres repeticiones. Se realizó un ANDEVA (P≤0.05) por DMS. Con VP, la altura de la planta fue mayor en las semanas tres, cuatro, cinco y siete. La mejor dosis para obtener precocidad en la floración fue 0.6 m³/ha, que adelantó un día y mejoró el desarrollo del volumen y diámetro de raíces. La aplicación de las vinazas cambió la composición química del suelo. 114.3 m³/ha de VT generó pH 6.00 en el suelo, VP lo elevó de 6.2 a 7.4. Conductividad eléctrica se elevó de 1 dS/m a 10 con VT y a 4 con VP. VT eleva fósforo, altas dosis de vinaza aportan potasio. Es igual usar VT y VP a dosis ≤ 14.3 m³/ha en frijol. Dosis mayores de 114.3 m³/ha de vinaza al suelo, restringe la producción de frijol. Se recomienda usar VT en suelos con pH alcalino y VP con pH ácido a esa dosis.

Palabras clave: Acondicionador de suelo, materia orgánica, raíz, vinaza.

Abstract. Vinasse is a byproduct of making ethanol from sugarcane. Per one liter of ethanol produced, it has made 15 liters of vinasse, this large production becomes a problem for storage and the answer is to use this residue. The objective was to evaluate the effect of two types of treated vinasse (TV) and pure (PV) as fertilizer and soil conditioner over the crop of bean var. Amadeus77. The study was developed in Zamorano, Honduras. Five doses were evaluated of each product (0.6, 2.9, 14.3, 114.3 and 286.6 m³/ha) fractionated at 15, 30 and 45 days after seeding-DAS. RBD was used with three repetitions. An ANOVA (P ≤0.05) was performed for DMS. With PV, the height of plant was greater in weeks three, four, five and seven. The best dose to obtain early flowering was 0.6 m³/ha, which advanced one day and improved the development of root volume and diameter. The application of vinasses changed the soil chemical composition. 114.3 m³/ha of TV generated pH 6.00 in soil, raised it from 6.2 to 7.4. Electrical conductivity raised from one dS/m to 10 with TV and to 4 with PV. TV raises phosphorus, high doses of vinasse provided potassium. It is same using of TV and PV at doses ≤ 14.3 m³/ha in beans. Doses higher than 114.3 m³/ha of vinasse to soil, limit beans production. It is recommended to use TV in soils with alkaline pH and PV with acid pH at that dose.

Key words: Organic matter, root, soil conditioner, vinasse.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
4. CONCLUSIONES.....	17
5. RECOMENDACIONES	18
6. LITERATURA CITADA.....	19

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Páginas
1. Características químicas de la vinaza tratada y vinaza pura. EAP Zamorano, Honduras.....	3
2. Características químicas del suelo del lote de Parcela. EAP Zamorano, Honduras.....	4
3. Etapas de desarrollo de la planta de frijol variedad Amadeus 77 (INTA 2009) ...	5
4. Volumen de riego diario por etapa del cultivo de frijol var. Amadeus 77, en el macro túnel # 4, Programa de Investigación en Frijol, EAP, Zamorano, Honduras.....	5
5. Tratamientos para determinar el efecto de la vinaza como fertilizante en el cultivo de frijol, var. Amadeus 77, EAP Zamorano, Honduras.....	7
6. Tratamientos para determinar diferencias en el suelo con vinaza tratada, vinaza pura, fertilizante químico y un testigo sin aplicación, en cultivo de frijol var. Amadeus 77, EAP Zamorano, Honduras.	8
7. Significancia de la aplicación de vinaza tratada y pura a diferentes dosis aplicadas al suelo, sobre la altura semanal de plantas de frijol, var. Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.....	9
8. Efecto de la aplicación de vinaza tratada y pura sobre la altura de la planta (cm) en semana tres y cinco en frijol común, variedad Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.....	10
9. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de vinaza tratada y pura sobre la altura de la planta (cm), en la semana tres, cuatro y cinco en frijol, var. Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.....	10
10. Efecto de la interacción entre vinaza tratada, vinaza pura y dosis aplicada en altura de la planta (cm) en semana tres, cuatro, cinco y siete en frijol, var. Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.	11
11. Significancia de la aplicación de vinaza tratada y pura a diferentes dosis al suelo sobre los días a floración, número de vainas, peso de granos y rendimiento de plantas de frijol, var. Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.	12
12. Efecto en la aplicación de diferentes dosis de vinaza tratada y vinaza pura sobre los días a floración en frijol, var. Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.	13
13. Significancia de la aplicación de vinaza tratada y pura a diferentes dosis en el suelo sobre volumen, longitud, área y diámetro de raíces en plantas de frijol, var. Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.	13
14. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de vinaza tratada y vinaza pura sobre volumen y diámetro de raíces en plantas de frijol, var. Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.	14

15. Significancia de aplicación al suelo de vinaza tratada, vinaza pura, fertilizante químico y testigo sin aplicación en el cultivo de frijol. EAP Zamorano, Honduras.....	15
16. Resultado del análisis de suelo para evaluar diferencias de vinaza tratada, vinaza pura, fertilizante químico y un testigo sin aplicación, en el cultivo de frijol, variedad Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.....	16

1. INTRODUCCIÓN

La industria azucarera es una de las más importantes a nivel centroamericano debido a su alta gama de productos, su alto nivel de oportunidad laboral y con gran conciencia en la ayuda social. Para mantenerse en actividad, las empresas tratan de aprovechar al máximo sus recursos y disminuir los residuos. La producción de etanol es un producto obtenido por medio de la fermentación alcohólica y la destilación del jugo de caña de azúcar, en el cual se genera un residuo denominado vinaza. La vinaza posee grandes concentraciones de residuos orgánicos y químicos, los cuales necesitan ser manejadas adecuadamente para su desecho o su aprovechamiento (CONADESUCA 2016).

La vinaza es un líquido de color negro con un pH entre 4 y 5, posee un olor dulce y un alto contenido de materia orgánica (24%) (Larrahondo 2009). Por cada litro de alcohol producido, se obtiene alrededor de 15 a 18 litros de vinaza (1:16.5) (CONADESUCA 2016). La composición química de este producto es variable, y depende de varios factores: según proceso de la fermentación alcohólica, relación fondaje sedimento-vinaza, materia prima utilizada durante la destilación y especies de levaduras utilizadas (Chafón 2014). La materia prima puede proceder de tres fuentes: melaza (alta concentración), directamente del jugo de los molinos y mixta (jugo + melaza). Las vinazas son altamente corrosivas debido a su pH ácido, por lo que no se recomienda almacenarse en contenedores o recipientes metálicos (Korndorfer 2009).

En una destilería de mediano tamaño se producen diariamente un aproximado de 50,000 litros de alcohol base 96°, generando alrededor de 825 m³ de vinaza (Wei y Xu 2004; Larrahondo 2009). Debido al elevado volumen generado, se considera un desecho con gran impacto ambiental en el ecosistema, el cual se convierte en una problemática para los ingenios azucareros. Estos vierten en su mayoría la producción del líquido en cuencas hídricas sin tratamiento previo, lo que causa eutrofización, por exceso de nutrientes en el agua, debido su alta demanda química de oxígeno (DQO) de hasta 100,000 mg/L, además del color oscuro característico dado por el contenido de melanoidinas, fenoles y derivados furánicos (Satyanali y Balakrishnan 2008). Las melanoidinas se forman por la reacción del grupo carbonilo de los azúcares y el amino de los aminoácidos y proteínas. Son polímeros de estructura compleja, tóxicos para muchos organismos y resistentes a la degradación. Se plantea que su composición química y características espectroscópicas son similares a la del ácido húmico, por lo que han sido llamadas el humus acuoso (Chafón 2014).

Como alternativa, se ha considerado el tratamiento de vinaza con aditivos, lo que hace que algunos nutrientes sean disponibles a las plantas. Por tanto, se está haciendo uso del mismo en la agricultura, aportando una cantidad considerable de materia orgánica y en menor cantidad otros nutrientes entre ellos potasio y fósforo. Esta práctica se realiza en su mayoría en la producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), reduciendo la cantidad de

fertilizantes químicos, considerados uno de los principales deterioradores de suelo por el uso excesivo (Zhu *et al.* 2009). La adición de vinaza al suelo debido al alto contenido de materia orgánica ayuda al mejoramiento de la fertilidad natural de suelo, estructura y disponibilidad de nutrientes (Tejada *et al.* 2007).

La vinaza pura al ser aplicada al suelo pasa por un proceso de descomposición que provoca la lixiviación de todos sus compuestos, los cuales no están disponibles para los cultivos y estos no alcanzan a aprovechar la gran mayoría de nutrientes de la vinaza (García y Rojas 2006). Por eso, es importante la adición de compuestos que humifiquen el contenido de la vinaza, haciendo que todos los compuestos químicos y orgánicos estén disponibles para los cultivos al aplicarlos al suelo. En este caso no deberían haber lixiviados por la alta disponibilidad y a su vez no habrá contaminación del manto freático.

Actualmente no hay antecedentes que indiquen el uso de la vinaza tratada con aditivos en algún cultivo, solamente de la aplicación de esta sin tratamiento previo (Alfaro *et al.* 1996). Por tal razón, los objetivos del estudio fueron:

- Evaluar el efecto de dos tipos de vinaza (tratada y no tratada) como fertilizante en el cultivo de frijol y como acondicionador de suelo.
- Determinar la dosis de vinaza tratada y pura para usarla como fertilizante en el cultivo de frijol.
- Evaluar el efecto de dosis y tipo de vinaza más conveniente en el suelo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El estudio se realizó en el macro túnel número cuatro del Programa de Investigación en Frijol (PIF) ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana en el Valle del Yeguaré, Francisco Morazán, Honduras. A una altura de 800 metros sobre el nivel del mar (msnm), temperatura promedio de 23.06 °C y una precipitación de 294.8 mm durante el experimento de junio a agosto de 2019.

Materiales. Se utilizó vinaza pura y vinaza tratada para determinar el efecto que tenían en el suelo y en la planta, proveídas por un ingenio ubicado en la costa sur de Guatemala. La diferencia principal entre la vinaza pura y la vinaza tratada es que, la tratada en su composición tiene un aditivo a base de un ácido y fósforo. Mientras que, la vinaza pura es meramente el subproducto de la destilería del alcohol de los ingenios azucareros. Estas vinazas son líquidas, de pH variable, alto contenido de materia orgánica, pobre contenido de macro y micro nutrientes. La conductividad eléctrica es muy alta, con una relación de adsorción de sodio (RAS) (Cuadro 1), el cual se calcula en los iones solubles en cmol/kg, ecuación [1] (Ayres y Westcot 1987).

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad [1]$$

Cuadro 1. Características químicas de la vinaza tratada y vinaza pura. EAP Zamorano, Honduras.

Vinaza	pH	g/mL	g/100 g						mg/kg					μS/cm	RAS
		Densidad	M.O	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	C.E.	
Pura	4.9	1.21	24	0.52	0.04	3.43	0.61	0.21	621	4	115	19	29	1,310	2
Tratada	5.6	1.17	20	1.83	0.87	2.82	0.28	0.18	751	2	117	12	5	568	3

MO: materia orgánica, N: nitrógeno, P: fósforo, K: potasio, Ca: calcio, Mg: magnesio, Na: sodio, Cu: cobre, Fe: hierro, Zn: zinc, C.E.: conductividad eléctrica, RAS: relación de adsorción de sodio.

El suelo utilizado en el estudio presentó una textura franco arcillosa proveniente del lote destinado para las parcelas de primer año, ubicadas frente al auditorio Juan Carlos Rosas en la EAP, Zamorano. Se realizó un análisis del suelo previo a la siembra que evidenció las

propiedades químicas del suelo tales como: pH, materia orgánica (M.O.), nitrógeno total, las bases intercambiables y conductividad eléctrica (CE).

Los métodos para el análisis del suelo realizados por el Laboratorio de Suelos de Zamorano (LSZ) fueron para la extracción de K, Ca, Mg y Na, la solución extractora Mehlich 3, determinados por espectrofotometría de absorción atómica. El fósforo se extrajo con la solución extractora Mehlich 3, determinado por colorimetría. El carbono orgánico (C.O.) se determinó por el método de Walkley y Black para suelos minerales no salinos con incertidumbre de ± 0.04 . La materia orgánica (M.O.) se calculó a partir del carbono orgánico multiplicado por 1.72. % nitrógeno total, se estimó como el 5% de materia orgánica. El pH, se midió con el método 1:1 en suelo y agua por el método de AOAC 994.16 rango de 4,00-7,00 con incertidumbre de $\pm 0,10$ (Rhoades 1996). Textura, se determinó mediante el método de Bouyoucus y la conductividad eléctrica, se midió por el método de la pasta saturada. Obteniendo un suelo con un pH dentro del rango adecuado para la producción de cultivos, con un alto contenido de materia orgánica, fósforo y potasio. Un contenido medio para el resto de los nutrientes, además, en rango aceptable de conductividad eléctrica indicando que no es un suelo salino. En términos generales, es buen suelo por la cantidad y proporción de sus elementos expresados en el análisis (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características químicas del suelo del lote de Parcela. EAP Zamorano, Honduras.

Textura	pH	g/100g			mg/kg (extractable)					dS/m CE [¥]
		C.O. ^α	MO ^ε	N total	P	K	Ca	Mg	Na	
Franco Arcilloso	6.19	3.02	5.21	0.26	57	879 ^A	2142 ^M	284 ^M	1 ^M	1.06
Rango Medio	6 - 6.5		2 4	0.2 0.4	13 30	Por Saturación de bases			< 2	

A: Alto, ^M: Medio, C.O.^α: Carbón orgánico, MO^ε: Materia orgánica y CE[¥]: Conductividad eléctrica.

El experimento. Se utilizaron maceteros de 20 cm de altura con 20 cm de diámetro en la parte superior y 13.5 cm en la base. Se agregó 3.5 kilogramos de suelo a cada macetero. Se utilizaron un total de 216 maceteros equivalente a 756 kilogramos de suelo. Los maceteros se colocaron en filas con un ancho de tres maceteros, espaciados a 10 cm entre sí. Los maceteros se ubicaron en tres tarimas de un metro de ancho y 10 metros de largo con una altura de 40 cm sobre el suelo. La duración del proyecto fue de 77 días en los cuales se realizaron recolecciones de datos cada siete días.

El cultivo. Se utilizó la variedad de frijol rojo Amadeus 77 liberada por el Programa de Investigaciones en Frijol (PIF) de la EAP, Zamorano. Esta variedad presenta un hábito de crecimiento arbustivo indeterminado, tipo II, la cual tiene una madurez intermedia alcanzando la madurez fisiológica a los 69 días (Rosas 2002).

Siembra. Posterior a la preparación de los maceteros se colocaron cuatro semillas de frijol variedad Amadeus 77 en cada macetero para asegurar la germinación. A los diez días después de la siembra se realizó un raleo para conservar la planta más vigorosa. Al final se conservó una planta por macetero.

Riego. Se realizó tomando en cuenta el requerimiento hídrico del cultivo, utilizando el coeficiente del cultivo (Kc) en todas su fases, inicial, desarrollo, media y final (Arias Rengifo y Jaramillo 2007). Las etapas del cultivo se definieron basado en la información obtenida de (INTA 2009) (Cuadro 3).

Se utilizaron los datos de la evapotranspiración de referencia (Eto) y el coeficiente del cultivo (Kc) para determinar la evapotranspiración real (Etc) y suplir a la planta la cantidad adecuada de agua. Para determinar el volumen se utilizó la lámina de agua evapotranspirada (Etc) y el área del macetero (0.031 m²). Finalmente se obtuvo el volumen a aplicar por macetero el cual varió entre las etapas del cultivo: 0.66, 3.36, 5.70 y 2.10 en cada etapa, para un total de 11.82 L/macetero (Cuadro 4).

Cuadro 3. Etapas de desarrollo de la planta de frijol variedad Amadeus 77 (INTA 2009).

Fase	Etapas	Código	DDS [‡]
Vegetativa	Germinación	V0	0-6
	Emergencia	V1	7-8
	Hojas primarias	V2	9-12
	Primera hoja trifoliada	V3	13-17
	Tercera hoja trifoliada	V4	18-24
Reproductiva	Prefloración	R5	25-33
	Floración	R6	34-37
	Formación de vainas	R7	38-45
	Llenado de vainas	R8	46-63
	Maduración	R9	64-77

[‡]DDS = días después de siembra.

Cuadro 4. Volumen de riego diario por etapa del cultivo de frijol var. Amadeus 77, en el macro túnel # 4, Programa de Investigación en Frijol, EAP, Zamorano, Honduras.

Etapas fenológicas	Kc [‡]	Duración Días	Eto ^β (mm)	Etc etapa [‡] (mm)	Volumen	
					mm/día	mL/planta /etapas
Germinación-Hojas primarias	0.4	11	5	22	2.0	660
Primera hoja trifoliada- Prefloración	1.0	21	5	165	5.0	5,280
Floración-Llenado de vainas	1.2	30	5	108	6.0	3,420
Maduración	0.9	15	5	63	4.5	2,100

[‡]Kc: coeficiente del cultivo, ^βEto: evapotranspiración de referencia, [‡]Etc: Evapotranspiración real.

Fertilización. Se realizó con la vinaza pura y la vinaza tratada a diferentes dosis cada una como parte de los tratamientos para suplir adecuadamente los requerimientos nutricionales de las plantas. Tomando en cuenta que los productos para la fertilización tuvieran la misma cantidad de nutrientes. La dosis fue establecida con base en el análisis de suelos y el análisis de las vinazas por el Laboratorio de Suelos de Zamorano (LSZ).

Las aplicaciones de las vinazas fueron distribuidas en tres aplicaciones, cada dosis respectiva se dividió en tres para aplicar a los 15, 30 y 45 días después de la siembra, ya que convencionalmente esos son los días en los cuales se realiza la fertilización en el frijol.

Además, se realizó una fertilización química la cual constaba de 48 kg/ha de N, 75 kg/ha de P y 137 kg/ha de K. Esta fertilización solamente se comparó con los resultados de suelo finales ya que no se contaban con las repeticiones suficientes para llevar a cabo el análisis estadístico con el resto de variables.

Prácticas culturales. A los 14 días después de siembra se realizó un tutorado, para lo cual se colocó una estaca de bambú al lado del tallo de cada planta y se sujetó con un alambre para proveer soporte al mismo. A los 10 días de colocar las estacas se realizó otro amarre a la planta en la parte superior de la estaca de bambú con cabuya, amarrada a un alambre tendido sobre los maceteros a 1.7 m de altura a lo largo del bancal para proveer soporte al tallo que sostiene el área foliar formado posterior al primer amarre.

Variables evaluadas.

Los efectos del uso de los distintos tratamientos fueron evaluados en los parámetros de características del suelo y de la planta.

Suelo. Al finalizar el ciclo del cultivo se realizó un muestreo de suelo utilizando un barreno Hoffer. Con el cual se tomaron una muestra por repetición de seis tratamientos los cuales fueron: El testigo absoluto, vinaza tratada con dosis de 14.3 m³/ha y 114.3 m³/ha, vinaza pura con dosis de 14.3 m³/ha y 114.3 m³/ha y fertilizante convencional, ya que eran los tratamientos más representativos, obteniendo un total de 18 muestras de suelo. Se depositó cada muestra en una bolsa y se analizaron en el Laboratorio de Suelos de Zamorano (LSZ), para determinar el pH, conductividad eléctrica y concentración de nutrientes: N, P y K.

Cultivo. Se evaluó el crecimiento del cultivo midiendo la altura semanal de la planta con una cinta métrica desde la base de la planta hasta el ápice para determinar su desarrollo semanal.

Los días a floración se determinaron a partir de la aparición de la primera flor en cada planta, respaldado con el cuadro de desarrollo del frijol (Cuadro 3).

La cosecha se realizó cuando las plantas alcanzaron su madurez fisiológica 75 (DDS), se contaron el número de vainas y se midió el peso de los granos en gramos de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones.

La biomasa radicular se calculó en una planta de cada repetición por tratamiento El procedimiento que se llevó a cabo fue la separación del sistema radicular del sustrato con sumo cuidado para no dañarlo, esto se realizó después de la cosecha del cultivo 78 (DDS). Las raíces se limpiaron, sumergiéndolas dentro de recipientes con agua; se removió el suelo

y se enjuagó con agua para quitarle el exceso de suelo que estaban en las raíces. Las impurezas se retiraron manualmente. Las raíces se almacenaron en una solución de alcohol al 30% en envases de cristal, etiquetados respectivamente. Se utilizó el equipo Epson® Scan Perfection V700, para escanearlas. Con las imágenes y el programa WinRHIZO® se obtuvo el diámetro (mm), volumen (cm³), longitud de las raíces (cm) y área radicular (cm²).

Tratamientos.

Para evaluar las variables agronómicas se realizaron 10 tratamientos, los cuales fueron la aplicación de vinaza tratada y vinaza pura al suelo con cinco diferentes dosis para cada vinaza (Cuadro 5). Para evaluar las variables del suelo se realizaron seis tratamientos, los cuales se compararon utilizando vinaza tratada y vinaza pura con las dos dosis más representativas, aplicación de fertilizante químico y un testigo absoluto sin la aplicación de ningún producto (Cuadro 6).

Cuadro 5. Tratamientos para determinar el efecto de la vinaza como fertilizante en el cultivo de frijol, var. Amadeus 77, EAP Zamorano, Honduras.

Tratamientos [¥]	Producto	mL/macetero/ciclo	m ³ /ha/ciclo
VI AD1		1	0.6
VI AD5		5	2.9
VI AD25	Vinaza + Aditivo	25	14.3
VI AD200		200	114.3
VI AD400		400	228.6
VI PU1		1	0.6
VI PU5		5	2.9
VI PU25	Vinaza Pura	25	14.3
VI PU200		200	114.3
VI PU400		400	228.6

[¥]VI: vinaza, AD: aditivo, PU: pura.

Cuadro 6. Tratamientos para determinar diferencias en el suelo con vinaza tratada, vinaza pura, fertilizante químico y un testigo sin aplicación, en cultivo de frijol var. Amadeus 77, EAP Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Producto	Dosis/macetero/ciclo	Dosis/ha/ciclo
VI AD25	Vinaza + Aditivo	25 mL	14.3 m ³
VI AD200		200 mL	114.3 m ³
VI PU25	Vinaza Pura	25 mL	14.3 m ³
VI PU200		200 mL	114.3 m ³
FERT-QUIM	Fertilizante Químico	0.47 g	48-75-137 kg
TESTIGO	Testigo Absoluto	0	0

VI: vinaza, AD: aditivo, PU: pura.

Diseño experimental: Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA), con tres repeticiones por tratamiento, seis plantas por repetición, para un total de 216 unidades experimentales. Se utilizaron dos unidades observacionales de cada repetición. Para el análisis del efecto de la vinaza tratada y pura como fertilizante se realizó en un arreglo factorial 2×5 (dos tipos de vinaza y cinco dosis 0.6, 2.9, 14.3 114.3 y 228.6 m³/ha) y para el efecto en el suelo se realizó un arreglo factorial de 3×2 (dos tipos de vinaza, fertilizante químico y un testigo sin aplicación y dos dosis para las vinazas 14.3 y 114.3 m³/ha). Se analizó el efecto de cada factor: tipo de vinaza, dosis y las interacciones vinaza \times dosis.

Análisis estadístico: Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con separación de medias utilizando la prueba de LSD de Fisher con un nivel de significancia $P \leq 0.05$. Los datos se analizaron con el programa SAS versión 9.4.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables agronómicas.

Altura de la planta. La aplicación de vinaza tratada y vinaza pura al suelo presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el desarrollo del cultivo en las semanas tres, cuatro, cinco y siete (Cuadro 7). Durante la semana tres y cinco se obtuvieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con respecto al desarrollo de la planta (Cuadro 8). Durante las semanas tres y cuatro se observaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.0001$) a las diferentes dosis de aplicación, sin embargo, durante la semana cinco se obtuvieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el desarrollo (Cuadro 9). En cuanto a la relación dosis – producto se observaron diferencias significativas en el desarrollo del cultivo durante las semanas tres, cuatro, cinco y siete ($P \leq 0.05$) (Cuadro 10).

Cuadro 7. Significancia de la aplicación de vinaza tratada y pura a diferentes dosis aplicadas al suelo, sobre la altura semanal de plantas de frijol, var. Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.

Factores	Semana				
	3	4	5	6	7
Producto (Vinazas)	**	NS	**	NS	NS
Dosis	**	**	**	NS	NS
Producto × Dosis	**	**	**	NS	**

NS No Significativo, ** Muy significativo ($P 0.001 - <0.0001$).

Se observan diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la altura de la planta influencia de los productos aplicados en estas dos semanas, obteniendo alturas de 44 centímetros en la semana tres y 156 centímetro en la semana cinco con la aplicación de vinaza pura (Cuadro 8). Este comportamiento puede presentarse por la cantidad de materia orgánica aportada, estudios hacen referencia a la capacidad de la materia orgánica de almacenar nutrientes nitrógeno, fósforo y azufre, y hacerlos disponibles para la planta (FAO y GTIS 2015). Un estudio realizado por (Jácome *et al.* 2013) confirma que al aplicar materia orgánica en el suelo provee una mayor altura para la planta de frijol en comparación a un suelo sin materia orgánica o aplicación de la misma. Durante la semana tres y cinco el cultivo se encontraba en la etapa fenológica de la formación del tercer trifolio en la semana tres y etapa de floración en la semana cinco, estas etapas son de pleno desarrollo vegetativo y reproductivo de la planta (INTA 2009).

Cuadro 8. Efecto de la aplicación de vinaza tratada y pura sobre la altura de la planta (cm) en semana tres y cinco en frijol común, variedad Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.

Producto	Semana	
	3	5
VIN ^a -tratada	41.00 b ^a	148.00 b
VIN-pura	44.00 a	156.00 a
R ²	0.97	0.92
CV	6.45	2.56
P	0.001	0.0002

^aValores con letras diferentes en la misma columna indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$). VIN^a: Vinaza.

La aplicación de diferentes dosis de vinaza tratada y pura difieren entre sí en la semana tres, cuatro y cinco del desarrollo del cultivo ya que presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en cuanto a la altura de la planta según la dosis de aplicación (Cuadro 9). En la semana tres la dosis de 0.6 m³/ha fue la ideal debido que las plantas ganaron altura a diferencia de las otras plantas aplicadas con dosis más altas. Sin embargo, en la semana cuatro y cinco la dosis que obtuvo una mayor altura de las plantas fue de 14.3 m³/ha en comparación al resto de la población de plantas aplicadas con las otras dosis. Estos resultados concuerdan con (Lairon *et al.* 2016), ya que concluye que la concentración de vinaza aplicada está relacionada al crecimiento y desarrollo de las plantas. A partir de la semana cinco las plantas con vinaza tratada y vinaza pura a dosis de 114.3 m³/ha y 228.6 m³/ha, murieron por alta concentración de los productos aplicados.

Cuadro 9. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de vinaza tratada y pura sobre la altura de la planta (cm), en la semana tres, cuatro y cinco en frijol, var. Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.

Dosis en m ³ /ha	Semana		
	3	4	5
0.6	55 a ^a	105 b	144 c
2.9	43 b	110 a	152 b
14.3	44 b	113 a	159 a
114.3	39 c	50 c	PM [¥]
228.6	31 d	35 d	PM
R ²	0.97	0.98	0.92
CV	6.45	7.78	2.56
P	0.001	0.00023	0.0001

^aValores con letras diferentes en la misma columna indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

[¥]PM: planta muerta.

En interacción de la dosis con producto aplicado se observan diferencias significativas ($P \leq 0.05$), obteniendo un mejor desarrollo vegetativo expresando una mayor altura (Cuadro 10). En la semana tres y cuatro, las plantas aplicadas con vinaza pura a una dosis de $0.6 \text{ m}^3/\text{ha}$ obtuvieron la mayor altura (73 y 116 centímetros) en comparación con los otros tratamientos. Sin embargo, en la semana cinco los tratamientos con vinaza pura a dosis de $0.6 \text{ m}^3/\text{ha}$, vinaza tratada y vinaza pura a dosis de $14.3 \text{ m}^3/\text{ha}$ generaron el mejor desarrollo en altura para esa semana y no tuvieron diferencia significativa entre sí. No obstante, en la semana siete la vinaza tratada a una dosis de $0.6 \text{ m}^3/\text{ha}$ generó la mayor altura en comparación con las plantas con otros tratamientos, siendo este tratamiento el mejor para el crecimiento de las plantas a largo plazo. Estos resultados concuerdan con (Rossetto y Santiago 2012), concluyen que la vinaza al ser aplicada en correctas cantidades provee numerosos beneficios para cultivos, entre ellos un mayor crecimiento en plantas de caña de azúcar. En general, la vinaza en dosis bajas ($\leq 14.3 \text{ m}^3/\text{ha}$), contribuye con la mejora de la fertilidad del suelo, siendo la clave para cumplir un buen desarrollo en las plantas de frijol. Los factores químicos en el suelo como pH, conductividad eléctrica y relación de absorción de sodio, son determinantes para el desarrollo correcto de una planta (Arias Rengifo y Jaramillo 2007). De tal manera que, la aplicación de vinaza en altas dosis no es ideal para el desarrollo de cultivos.

Cuadro 10. Efecto de la interacción entre vinaza tratada, vinaza pura y dosis aplicada en altura de la planta (cm) en semana tres, cuatro, cinco y siete en frijol, var. Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.

Producto	Dosis en m^3/ha	Semana			
		3	4	5	7
VIN ^a -tratada	0.6	37 cd ^a	94 d	131 c	194 a
VIN-pura	0.6	73 a	116 a	158 a	174 c
VIN-tratada	2.9	45 b	110 c	153 b	187 b
VIN-pura	2.9	41 bc	110 c	150 b	163 d
VIN-tratada	14.3	45 b	112 b	158 a	181 b
VIN-pura	14.3	43 b	113 b	160 a	175 c
VIN-tratada	114.3	42 b	49 e	PM	PM
VIN-pura	114.3	35 d	51 e	PM	PM
VIN-tratada	228.6	33 de	40 ef	PM	PM
VIN-pura	228.6	29 e	30 f	PM	PM
R ²		0.97	0.98	0.92	0.68
CV		6.45	7.78	2.56	5.45
P		0.001	0.0003	0.001	0.0002

^aValores con letras diferentes en la misma columna indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$). PM: planta muerta y VIN^a: Vinaza.

Producción. La dosis de aplicación de vinaza es determinante en los días a floración, ya que hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) sobre la dosis de producto aplicado. En los días

a floración no influye el tipo de producto, solamente la dosis de aplicación. En las demás variables, no hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto al producto, dosis y la interacción entre producto y dosis aplicados (Cuadro 11).

Cuadro 11. Significancia de la aplicación de vinaza tratada y pura a diferentes dosis al suelo sobre los días a floración, número de vainas, peso de granos y rendimiento de plantas de frijol, var. Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.

Factores	Días a Floración	No. Vainas	Peso Granos (g)	Rendimiento (kg/ha)
Producto (Vinazas)	NS	NS	NS	NS
Dosis	**	NS	NS	NS
Producto × Dosis	NS	NS	NS	NS

NS No Significativo y ** Muy significativo.

La etapa de floración da inicio al momento en el cual por lo menos el 50% de todas las plantas tengan abierta la primera flor, esto ocurre aproximadamente en el día 36 después de siembra (Fernández *et al.* 1986). Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las dosis aplicadas, por parte de las dosis de 0.6 y 2.9 m³/ha hubo una respuesta de precocidad en las plantas que llegan a floración, las cuales empiezan a florear a los 32 DDS (Cuadro 12). Sin embargo, los días a floración en el cultivo de frijol, variedad Amadeus llega a entre los 35 y 37 días después de siembra (Pineda Castellanos 2013); es decir que las tres dosis aplicadas presentan precocidad acorde a la literatura. Estudios han revelado que la proporción de nitrógeno que se adiciona al suelo está relacionada a la precocidad de la planta (Castellanos *et al.* 1998). Por la gran cantidad de materia orgánica en las vinazas se concluye que las plantas aplicadas a dosis de 0.6 y 2.9 m³/ha, se sometieron a una proporción considerable de nitrógeno gracias a la materia orgánica y por eso las plantas del ensayo presentaron precocidad a la hora de la floración, lo cual es bueno ya que indica que en un menor tiempo de lo esperado estaremos cosechando el producto.

Cuadro 12. Efecto en la aplicación de diferentes dosis de vinaza tratada y vinaza pura sobre los días a floración en frijol, var. Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.

Dosis m ³ /ha	Días a Floración
0.6	32.3 a ^a
2.9	32.6 A
14.6	33.7 B
R ²	0.64
CV	1.81
P	0.0001

^aValores con letras diferentes en la misma columna indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

Variables de raíz.

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con las dosis aplicadas dentro de las variables volumen y diámetro de raíces en aplicación de vinaza tratada y vinaza pura. En cuanto a longitud de raíces y área radicular no hubo diferencias significativas entre los productos aplicados, las dosis aplicadas e interacción producto y dosis (Cuadro 13).

Cuadro 13. Significancia de la aplicación de vinaza tratada y pura a diferentes dosis en el suelo sobre volumen, longitud, área y diámetro de raíces en plantas de frijol, var. Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.

Factores	Volumen Raíces (cm ³)	Longitud Raíces (cm)	Área Radicular (cm ²)	Diámetro Raíces (mm)
Producto (Vinazas)	NS	NS	NS	NS
Dosis	*	NS	NS	*
Producto × Dosis	NS	NS	NS	NS

NS No Significativo y * Significativo ($P \leq 0.05-0.01$).

El efecto en volumen y diámetro radicular es expresado positivamente por la dosis de 0.6 m³/ha, observando diferencias significativas entre dosis aplicadas. Esta dosis atribuye a un mejor desarrollo radicular de las plantas en comparación con los otros tratamientos (Cuadro 14). Un estudio realizado por Cruz (2011) concluye que la conformación del sistema radicular de la planta va a depender de las condiciones, si el medio es adverso, la planta sufrirá alteraciones en la distribución de su sistema radicular. Posiblemente, en las dosis mayores a 0.6 m³/ha, se provoquen condiciones adversas, por muy alta C.E. asociada a la alta concentración de nutrientes en el suelo. Además, uno de los principales factores que afectan el desarrollo de las raíces es la acidez, concentración de aluminio e hidrógeno (Villegas 2009). Al mismo tiempo, un factor determinante para un buen desarrollo radicular es el agua. Este actúa como solvente y nutrientes como el soluto, es decir, que los nutrientes

deben ser disueltos en el agua para que la planta pueda absorber la mayor cantidad posible (Cruz 2009), por ende, de la dosis de aplicación de vinaza depende de un buen desarrollo radicular.

El volumen de raíces está influenciado positivamente por los niveles de nitrógeno (Sotomayor 1972), sin embargo, la deficiencia y exceso de nutrientes afectan el crecimiento del sistema radicular. Quispe (2008) evaluó los productos comerciales Pilatus® y Raizal® en la eficiencia radicular, obteniendo diferencias significativas en el incremento del volumen radicular con estos dos productos que proveen N, P, K, ácidos húmicos y fúlvicos, contribución similar en aplicación de vinaza. Por lo tanto, el diámetro y área de cobertura de la raíz tiende a aumentar con una mayor fertilidad y con presencia de la materia orgánica en el suelo (Mylonas y McCants 1980). El aporte de materia orgánica probablemente aumentó actividad microbiana en la rizósfera, situación similar a las reportadas por Álvarez Sánchez *et al.* (2006), Rojas (2012), Montenegro (2012), quienes encontraron que el aporte de materiales orgánicos incidió directamente en la actividad microbiana de los suelos estudiados.

Cuadro 14. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de vinaza tratada y vinaza pura sobre volumen y diámetro de raíces en plantas de frijol, var. Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.

Dosis (m ³ /ha)	Volumen Raíces (cm ³)	Diámetro Raíces (mm)
0.6	6.43 a ^a	0.48 a
2.9	2.97 b	0.37 b
14.3	2.87 b	0.32 b
R ²	0.59	0.64
CV	53.83	21.8
P	0.02	0.04

^aValores con letras diferentes en la misma columna indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

Variables de suelo.

La aplicación de la vinaza tratada y la vinaza pura contribuyeron en el cambio de la composición química del suelo que se utilizó como sustrato para las plantas de frijol. Se encontraron diferencias significativas en la comparación del análisis de suelo final, entre los tratamientos al usar vinazas, fertilizante químico y un testigo sin aplicación de ningún producto. Se observó que hubo un cambio en el pH provocado por el producto aplicado y la interacción del producto con la dosis. También, se obtuvo cambios en el contenido de fósforo por parte de los productos, dosis aplicada y la interacción de los factores. Sin embargo, en potasio, solamente se obtuvo diferencia en cuanto a la dosis utilizada. Por último, la conductividad eléctrica presentó cambios entre la aplicación de las vinazas, a diferentes dosis y la interacción de los factores. (Cuadro 15).

Cuadro 15. Significancia de aplicación al suelo de vinaza tratada, vinaza pura, fertilizante químico y testigo sin aplicación en el cultivo de frijol. EAP Zamorano, Honduras.

Factores	pH	N	P	K	CE^Y
Producto (Vinazas)	**	NS	**	NS	**
Dosis	NS	NS	**	**	**
Producto× Dosis	*	NS	**	NS	**

* Significativo (P 0.05 - 0.001), ** Muy significativo (P 0.001- <0.0001), NS no significativo y CE^Y: conductividad eléctrica.

Aplicaciones de vinaza provoca cambios en el suelo. Con respecto a las características del suelo evaluadas, se encontraron diferencias significativas en pH, fósforo, potasio y conductividad eléctrica (Cuadro 16). En cuando a la variación de pH en el suelo, la aplicación de la vinaza tratada a una dosis de 114.3 m³/ha produce una reducción en el pH de 6.2 a 6, en cambio, la aplicación de la misma dosis con vinaza pura eleva el pH hasta 7.4. Korndorfer (2009) obtuvo resultados similares evaluando la aplicación de vinaza en caña de azúcar. Además, aumentos de pH fueron observados por Gloria y Magro (1997) y Santos *et al.* (1981). Tal aumento ha sido atribuido a las condiciones de disminución del potencial redox y aumento de la saturación de bases que la vinaza provee al suelo cuando se aplica en dosis altas (Camargo *et al.* 1983). El proceso de reducción inducido por la vinaza consume protones (iones H⁺) principal responsable por el aumento del pH del suelo. Por otro lado, las sustancias húmicas que se originan a partir de la transformación de los restos de los materiales de la primera fracción de la materia orgánica (Kumada 1987; Stevenson 1982), siendo la vinaza un producto con un contenido alto en sustancias húmicas obteniendo entre un seis y nueve por ciento de compuestos orgánicos (Wei y Xu 2004). Entre estos compuestos orgánicos naturalmente predominan los grupos fenólicos los cuales pertenecen a los ácidos húmicos y fúlvicos. En rangos de pH entre 5 y 7 estos grupos se disocian, dándole al suelo solo cargas negativas (Larrahondo 2009). Sin embargo, la vinaza pura y tratada a dosis de 14.3 m³/ha no presentan una diferencia estadística entre sí, en cuanto al cambio del pH en el suelo (Cuadro 16).

En cuanto a la cantidad de nitrógeno, no hubo diferencia ya que a comparación del análisis inicial de suelo el nitrógeno no tuvo un cambio, (Cuadro 16). Similar al estudio de Rodríguez y Chavez (2000), obtuvieron que la adición de vinaza al suelo, independientemente de la dosis aplicada, no produjo incremento significativo en los contenidos de nitrógeno. Por otro lado, se observan diferencias significativas entre la vinaza tratada y la vinaza pura en cuanto a la cantidad de fósforo a una dosis de 114.3 m³/ha. Ya que la vinaza tratada posee un aditivo, el cual seguramente está conformado por un ácido y fósforo, responde al incremento en el contenido de fósforo en el suelo a comparación del suelo aplicado con vinaza pura. El potasio, tiende a incrementar según aumenta la dosis. Estudios realizados por Wei y Xu (2004) describen que potasio es el elemento que principalmente conforma a la vinaza.

Otra característica determinante para la producción y el desarrollo de los cultivos es la conductividad eléctrica, ya que, con la aplicación de vinaza al suelo, se adicionaron sales que incrementaron la conductividad eléctrica del mismo. Dosis mayores a 14.3 m³/ha son limitantes del desarrollo de los cultivos, incluso llevándolos a la marchitez. Se adicionó una buena cantidad de material orgánico al suelo, que contribuye con la mejora de sus características físicas, químicas y biológicas. Similares resultados fueron hallados por Daza (2005), Montenegro (2012) y Rojas (2012), ya que la aplicación del fertilizante inorgánico proporciona solamente los nutrientes necesarios para las plantas.

Cuadro 16. Resultado del análisis de suelo para evaluar diferencias de vinaza tratada, vinaza pura, fertilizante químico y un testigo sin aplicación, en el cultivo de frijol, variedad Amadeus 77. EAP Zamorano, Honduras.

Producto	Dosis/ha	pH	N	P	K	CE[¥]
VIN ^α -tratada	14.3 m ³	6.4 b ^β	0.27	114 b	935 b	1.16 c
VIN-tratada	114.3 m ³	6.0 c	0.28	532 a	2,845 a	10.02 a
VIN-pura	14.3 m ³	6.6 b	0.27	49 b	985 b	1.15 c
VIN-pura	114.3 m ³	7.4 a	0.28	93 b	2,898 a	4.47 b
FERT-químico	48-75-137 kg	6.7 b	0.26	54 b	755 b	0.62 d
TESTIGO	0	6.3 c	0.27	51 b	800 b	0.69 d
R ²		0.81	0.56	0.96	0.99	0.98
CV		4.12	3.68	29.96	6.04	22.43
P		0.001	0.23	0.03	0.02	0.001

^βValores con letras diferentes en la misma columna indica diferencia significativa (P ≤ 0.05). VIN^α: Vinaza, FERT: Fertilizante, CE[¥]: conductividad eléctrica.

4. CONCLUSIONES

- No hay diferencias entre usar vinaza tratada y vinaza pura a dosis $\leq 14.3 \text{ m}^3/\text{ha}$ en la producción del cultivo de frijol.
- La vinaza tratada baja el pH del suelo a dosis $\leq 14.3 \text{ m}^3/\text{ha}$, aportando potasio. Dosis mayores de $114.3 \text{ m}^3/\text{ha}$ de vinaza aplicadas al suelo, restringen la producción del cultivo de frijol ya que generan una muy alta conductividad eléctrica la que conlleva a una degradación química y de la calidad del suelo.

5. RECOMENDACIONES

- Hacer uso de vinaza tratada en suelos con pH alcalino y vinaza pura en suelos con pH ácido a dosis menor o iguales de 14.3 m³/ha.
- Replicar el estudio bajo otras condiciones, en suelos pobres y en cultivos más demandantes de nutrientes.
- Evaluar dosis menores a 14.3 m³/ha y mayores a 14.3 m³/ha para determinar la dosis más alta que se puede aplicar sin detrimento del cultivo y del suelo.
- Realizar el experimento en campo con cultivos sensibles a sales.

6. LITERATURA CITADA

- Alfaro JA, Alfaro R, Bornesina E. 1996. Evaluación de la vinaza como fertilizante potásico en la caña de azúcar y su efecto sobre las propiedades químicas de un suelo de Atenas, Alajuela. 10. Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales - 3. Congreso Nacional de Fitopatología - 2. Congreso Nacional de Suelos. San José, Costa Rica. [Internet]. [consultado 2019 ago 01] <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=orton.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=101514>
- Álvarez Sánchez E, Vázquez Alarcón A, Castellanos JZ, Cueto Wong. 2006. Efectividad biológica de abonos orgánicos en el crecimiento de trigo. Universidad Autónoma de Chapingo México. *TERRA Latinoamericana*, 24(2), 261- 268. [Internet]. [consultado 2019 ago 01] <http://www.redalyc.org/pdf/573/57311108013.pdf>
- Arias Rengifo T, Jaramillo M. 2007. Manual técnico: Buenas prácticas agrícolas (BPA): en la producción de frijol voluble. [internet]. Medellín, Colombia, FAO. 167 p. [consultado 2019 jun 01] ISBN: 9253058277.
- Ayres RS y Westcot DW. 1987. La calidad del agua en la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura. Riego y drenaje N° 29, Rev. 1. FAO, Italia, Roma, 174p.
- Camargo OA, Valadares J, Geraldi RN. 1983. Características químicas e físicas de solos que receberam vinhaça por longo tempo. Campinas, Instituto Agrônomico. 30 p. (Boletim Técnico, 76). [internet] [consultado 2019 ago 01] <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302133441>
- Castellanos JZ, Peña Cabriales J, Badillo V, Aguilar Santelises A, Acosta Gallegos JA, Rodríguez Guillén A. 1998. Características agronómicas del frijol asociadas a la capacidad de fijación de n2 en el centro de México. *Terra Latinoamericana*, vol. 16, pp. 351-357. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Chapingo, México. [Internet]. [consultado 2019 ago 01] <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57316408>
- Chanfón JM. 2014. Alternativas de tratamiento de las vinazas de destilería. *Revista Centro Azúcar* [internet]. Vol. 41. La Habana, Cuba. [consultado 2019 jun 01] <http://centroazucar.uclv.edu.cu/media/articulos/PDF/2014/2/6.pdf>

- CONADESUCA, Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. 2016. Vinazas: Alternativas de Uso. Nota informativa sobre innovaciones en materia de productividad del sector: Ciudad de México, México. [Internet]. [consultado 2019 ago 01] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171932/Nota_Informativa_Septiembre_Vinazas.pdf
- Cruz JR. 2009. Sistema planta-agua y su relación con la fertilización. Conferencia. Tecnicaña, Memorias Seminario Internacional de Fertilización y Nutrición de la Caña de Azúcar. Cali, Colombia. [Internet]. [consultado 2019 ago 01]. http://www.tecnicana.org/htm/eventos/2009/fertilizacion_sena_asocana/fertilizacion_sena_asocana_nov_2009.pdf#page=115
- Cruz US. 2011. Inductores de desarrollo radicular en el rendimiento y calidad de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Grado. [internet]. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. [consultado 2019 ago 01]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/7788>
- Daza MC. 2005. Efecto de la Aplicación de Materiales Orgánicos sobre la Dinámica del Fósforo en un Oxisol de los Llanos Orientales y su Eficiencia en plantas de Maíz (*Zea mays*). Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 101 p. [Internet]. [consultado 2019 ago 01]. <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/8000/1/CB-0450409.pdf>
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, GTIS, Grupo Intergubernamental Técnico de Suelos. 2015. Status of the World's Soil Resources. Roma, Italia: s.n. [Internet]. [consultado 2019 ago 01] <http://www.fao.org/documents/card/es/c/c6814873-efc3-41db-b7d3-2081a10ede50/>
- Fernández F, Gepts P, López M. 1986. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. [Internet]. [consultado 2019 ago 01]. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/ciat/28093.pdf
- García A, Rojas C. 2006. Posibilidades de Uso de la Vinaza en la Agricultura. Nota Técnica. Tecnicaña. [Internet]. [consultado 2019 ago 01]. http://www.tecnicana.org/pdf/2006/tec_v10_no17_2006_p3-13.pdf
- Gloria NA, Magro JA. 1997. Utilização agrícola de resíduos da Usina de Açúcar e Destilaria na Usina da Pedra. In: Seminario copersucar da agroindústria açucareira, 4. Lindóia. Anais. São Paulo, Copersucar. p. 163- 180. [Internet]. [consultado 2019 ago 01]. <file:///D:/OneDrive%20-%20Zamorano/Downloads/44075-166480-1-PB.pdf>

- INTA, Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. 2009. Guía técnica para el cultivo de frijol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del Departamento de Boaco, Nicaragua. [Internet]. [consultado 2019 ago 01]. <http://repiica.iica.int/DOCS/B2170E/B2170E.PDF>
- Jácome AR, Peñarete MW, Daza MC. 2013. Fertilización orgánica e inorgánica en fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelo inceptisol con propiedades ándicas. pp. 59-67; Universidad del Valle, Cali, Colombia. [Internet]. [consultado 2019 ago 01]. <http://www.redalyc.org/pdf/2311/231130851006.pdf>
- Korndorfer GH. 2009. Impacto ambiental del uso de la vinaza en la agricultura y su influencia en las características químicas y físicas del suelo. Conferencia. Memorias Seminario Internacional de Fertilización y Nutrición de la Caña de Azúcar. p.115-122. Tecnicaña Cali, Colombia. [Internet]. [consultado 2019 ago 01]. http://www.tecnicana.org/htm/eventos/2009/fertilizacion_sena_asocana/fertilizacion_sena_asocana_nov_2009.pdf#page=115
- Kumada K. 1987. Chemistry of Soil Organic Matter. Japan Scientific Societies Press and Elsevier, Tokyo. [Internet]. [consultado 2019 ago 01]. http://www.scirp.org/pdf/AS_2016012816000197.pdf
- Lairon F, Magalhães JL, Rodrigues A, Rodrigues D, Nascimento Magalhães D, Di Campos MS, Rodrigues CL, Vital RG, Cavalcante TJ, da Silva FB, GuimarãesEM, Guimarães RG. 2016. Growth of eucalyptus seedlings irrigated with different vinasse concentrations. Aust. J. Basic & Appl. Sci., 10(18): 115-121. [Internet]. [consultado 2019 ago 01]. https://www.researchgate.net/publication/312166465_Growth_of_eucalyptus_seedlings_irrigated_with_different_vinasse_concentrations
- Larrahondo JE. 2009. La Vinaza. Caracterización de la vinaza, usos y aprovechamientos potenciales. Conferencia. Memorias Seminario Internacional de Fertilización y Nutrición de la Caña de Azúcar. Tecnicaña. Cali, Colombia. [Internet]. [consultado 2019 ago 01]. http://www.tecnicana.org/htm/eventos/2009/fertilizacion_sena_asocana/fertilizacion_sena_asocana_nov_2009.pdf#page=115
- Montenegro J. 2012. Efecto de la aplicación de compost proveniente de bio del municipio de Versalles (Valle) en un suelo con propiedades ándicas y la producción de maíz (*Zea mays* L.). [Tesis]. Universidad del Valle, Cali, Colombia, 95 p. [Consultado 2019 ago 20].
- Mylonas V, McCants C. 1980. Effects of humic and fulvic acids on growth of tobacco. Root initiation and elongation. [Internet]. Plant and Soil. Vol. 54, No. 3. Pp. 485-490. [consultado 2019 ago 01]. https://www.jstor.org/stable/42935257?seq=6#metadata_info_tab_contents

- Pineda Castellanos JS. 2013. Proyecto de Difusión de conocimiento sobre variedades liberadas de frijol Amadeus y Dehoro en Honduras / RS-1H-2013-08. Proyecto Red De Innovación Agrícola. [internet]. Ceguaca, Honduras. [consultado 2019 ago 01]. <http://repiica.iica.int/docs/b3498e/b3498e.pdf>
- Quispe M. 2008. Eficiencia radicular con la aplicación de Pilatus y Raizal. [Internet] Tesis de Grado. Lima, Perú. [consultado 2019 ago 01] <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/7788/URCIA%20CRUZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez M y Chávez M. 2000. Estudio del efecto químico valorado a nivel de laboratorio de la aplicación de seis dosis crecientes de vinaza en cuatro profundidades de dos tipos de suelos. Dystric haplustand y Ustic humitropept. Venezuela Azucarera. [Internet] vol. 60, p. 31-35. [Consultado 2019 sep 10].
- Rhoades J. 1996 Methods of soil analysis. Chapter 14 In: Electrical conductivity in total dissolved solids. U.S. Salinity Laboratory, Riverside, California. 417-435 p. [Consultado 2019 sep 10].
- Rojas A. 2012. Efecto de dos tipos de fertilización (orgánica y química) en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en la producción del cultivo de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L) vereda del Palmar, municipio de Dagua - Valle del Cauca. Tesis de Grado. [consultado 2019 ago 01] Universidad del Valle, Cali, Colombia, 90p. http://tecnicana.org/pdf/2006/tec_v10_no17_2006_p3-13.pdf
- Rosas JC. 2002. Amadeus 77. Programa de Investigaciones en Frijol. [internet]. [consultado 2019 julio 9] <http://www.dicta.hn/files/2002-Amadeus-77,-f.pdf>
- Rossetto R, Santiago AD. 2016. Adubacao residuos alternativos. [internet] Brasilia, Brasil. [consultado 2019 ago 01] https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html
- Santos GA, Rossiello, Fernandes MS, O'grady PC. 1981. Efeitos da vinhaça sobre o pH do solo, a germinação e acúmulo de potássio em milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.16, p.489-493. [internet]. [consultado 2019 ago 1]. <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/16980>
- Satayanali Y, Balakrishman MJ. 2008. Wastewater treatment in molasses-based alcohol distilleries for COD and color removal. Journal Environmental Management, Vol. 86; P. 481-497. [internet]. [consultado 2019 ago 1]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479706004245>
- Sotomayor JS. 1972. Respuesta de los cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a varios niveles de N y P en soluciones nutritivas. Tesis mag. SC. Turrialla, Costa Rica, IICA. [Internet]. [consultado 2019 ago 1]. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=orton.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expression=mfn=056140>

- Stevenson FJ. 1982. *Humus Chemistry: Genesis, composition, reactions*, 2nd ed. Wiley, New York. [Internet]. [Consultado 2019 ago 1]. http://www.tecnicana.org/htm/eventos/2009/fertilizacion_sena_asocana/fertilizacion_sena_asocana_nov_2009.pdf#page=115
- Tejada M, Moreno JL, Hernández MT, García C. 2007. Application of two beet vinasse forms in soil restoration: Effects on soil properties in an arid environment in southern Spain. *Agriculture, ecosystems & environment*. [Internet]. 119(3-4), 289-298 p. [Consultado 2019 ago 20]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880906002908>
- Villegas F. 2009. Sistema radical de la caña de azúcar. Conferencia. Memorias Seminario Internacional de Fertilización y Nutrición de la Caña de Azúcar. Tecnicaña. Cali, Colombia. [Internet]. [Consultado 2019 ago 01] http://www.tecnicana.org/htm/eventos/2009/fertilizacion_sena_asocana/fertilizacion_sena_asocana_nov_2009.pdf#page=115
- Wei JG, Xu T. 2004. Endophytic *Pestalotiopsis* species associated with plants of Podocarpaceae, Theaceae and Taxaceae in southern China. PR China [Internet]. [consultado 2019 ago 01] <http://www.fungaldiversity.org/fdp/sfdp/24-4.pdf>
- Zhu QZ, Li YR, Wang WZ, Liao J. 2009. Effect of continual quantitative rational application of vinasse in sugarcane field. [Internet]. *Sugar Crops of China*, 2, 10-13. [Consultado 2019 ago 20]. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotals-ZGTI200902005.htm