

CAPÍTULO I. OBJETIVOS, AREA DE ESTUDIO Y CARACTERIZACION FISICO NATURAL.

1.1. OBJETIVOS.

1.1.1. General.

Evaluar lodos de vinaza como biofertilizante en dos tipos de suelo, en el municipio Guanare, estado Portuguesa.

1.1.2. Específicos.

- Caracterizar químicamente los lodos de vinaza provenientes de la Destilería El Caimán.
- Determinar el efecto de la aplicación de lodos de vinaza sobre la fertilidad de los suelos tratados.
- Cuantificar el efecto de los tratamientos sobre algunas variables biométricas del maíz como cultivo indicador o de referencia.
- Determinar el potencial de los lodos de vinaza como biofertilizante o como contaminante del suelo.
- Proponer alternativas de uso de los lodos de vinaza.

1.2. ÁREA DE ESTUDIO.

El experimento se llevó a cabo en dos unidades o parcelas experimentales (A y B). La parcela "A", se encuentra localizada en la unidad experimental Marfilar, a la cual se accede por vía asfaltada hacia el caserío Morita, a una distancia aproximada de 10 km de la ciudad de Guanare y a 2 km del centro poblado Gato Negro, en la coordenada Universal Transversal Mercator (UTM), Huso 19: N 989.977 y E 420.722 (Figura 1). La parcela "B" cuyo punto de referencia se ubica en la coordenada UTM N 1.002.774 y E 411.915, se encuentra localizada en las Unidades de producción de

la Universidad Nacional Experimental Ezequiel Zamora (UNELLEZ-Campus universitario), específicamente en potreros detrás de la unidad de producción Bovina (Figura 2). Ambas ubicadas en el municipio Guanare, estado Portuguesa.

Los lodos de vinaza, se obtuvieron de lagunas localizadas en el Hato El Caimán donde funciona una destilería, y se produce alcohol, la misma se ubica aproximadamente a 30 km de la ciudad de Guanare, carretera vieja hacia Acarigua cerca del caserío las Cocuizas y el distribuidor Avispero (Figura 3).

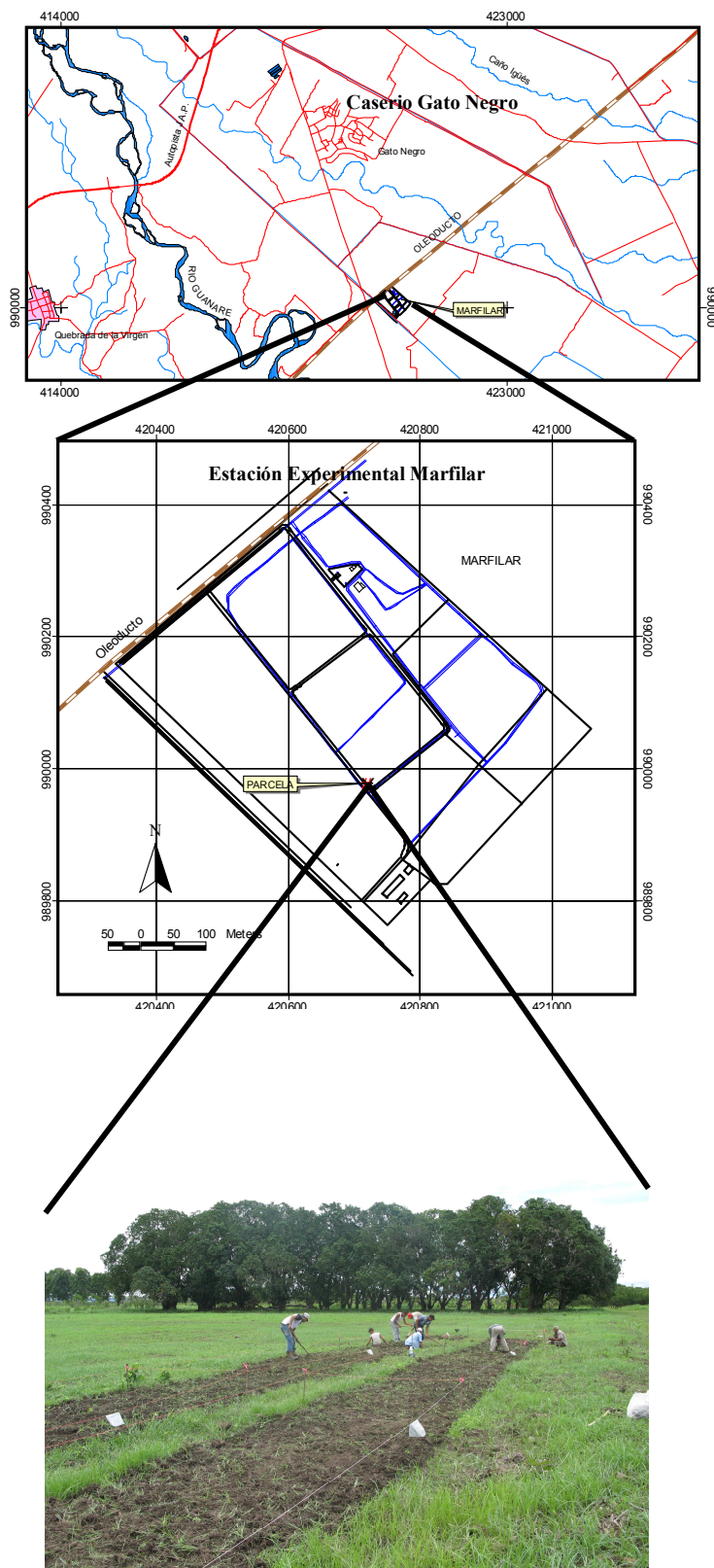


Figura 1. Ubicación relativa de la parcela “A”. Estación Experimental Marfilar. Elaboración propia.

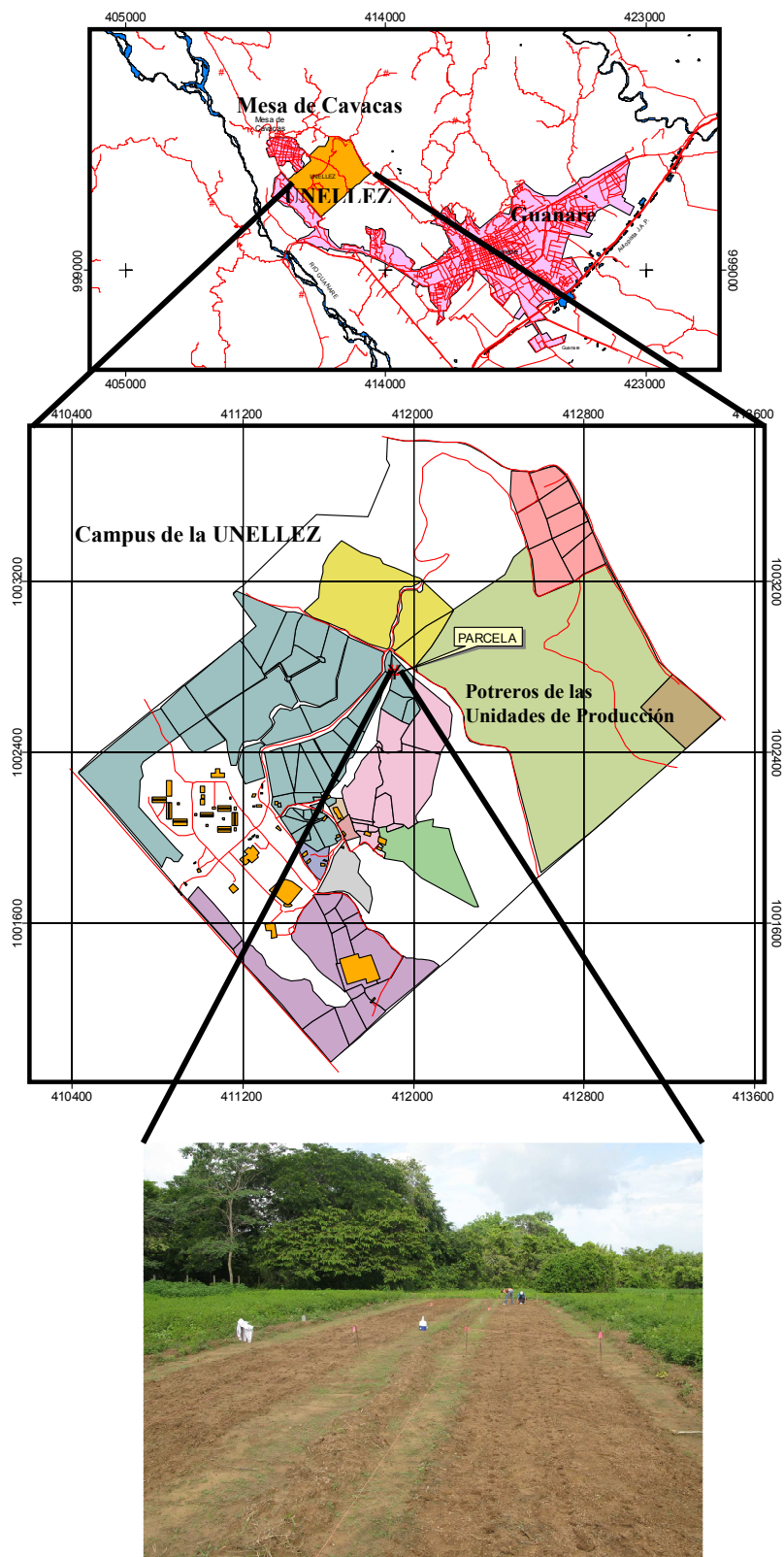


Figura 2. Ubicación relativa de la parcela “B”. Campus Universitario Mesa de Cavacas. Unidad de producción Bovina. Unellez-Guanare. Elaboración propia.



Figura 3. Lagunas de la Destilería El Caimán, Hato El Caimán, Sector Las Cocuizas, Municipio Guanare, estado Portuguesa.

1.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-NATURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.

1.3.1. Medio Físico.

1.3.1.1. Clima.

Para el análisis del clima se tomaron como referencia los datos aportados por el Ministerio del Poder Popular par el Ambiente (2009), de la estación meteorológica Mesa de Cavacas (Serial 2281), ubicada en la coordenadas geográficas Latitud N 09° 03' 54''; Longitud O 69° 48' 23'', localizada en los terrenos de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” (UNELLEZ), a 263 msnm. Los elementos considerados fueron precipitación y temperatura. A continuación, se analizan cada una de las características de los elementos climáticos de la zona:

➤ **Precipitación.**

De acuerdo con la Figura 4, en la zona de influencia del área de estudio, se definen dos períodos bien marcados, en lo que ha precipitación se refiere, uno lluvioso, comprendido entre abril a noviembre y otro seco de diciembre a marzo.

El período de mayor precipitación o temporada de lluvia, se origina por el avance de la zona de convergencia intertropical, la cual se mueve desde el sur y toca el estado Portuguesa a mediados del mes de abril, produciendo un área de bajas presiones que originan lluvias. A finales del mes de octubre, la zona de convergencia intertropical inicia su descenso desde el hemisferio norte hacia el sur originando altas presiones y ausencia de lluvias.

Durante los meses de abril a octubre se presenta el 88,2 % del total anual de precipitación y que la temporada de lluvia se inicia a mediados del mes de abril y termina a finales del mes de octubre e inicios de noviembre, mientras que la época de sequía se inicia hacia finales del mes de noviembre y finaliza en el mes de marzo, siendo los meses de abril y noviembre, meses transicionales.

La precipitación promedio anual para un período de 31 años de registros (1978-2008) es de 1771,4 mm (MPPA, 2009), los valores máximos se presentan en los meses de junio y julio, con promedios mensuales de 277,1 y 246,2 mm., respectivamente; y los mínimos se producen en los meses de enero y febrero, con valores de 9,8 y 17,5 mm, respectivamente.

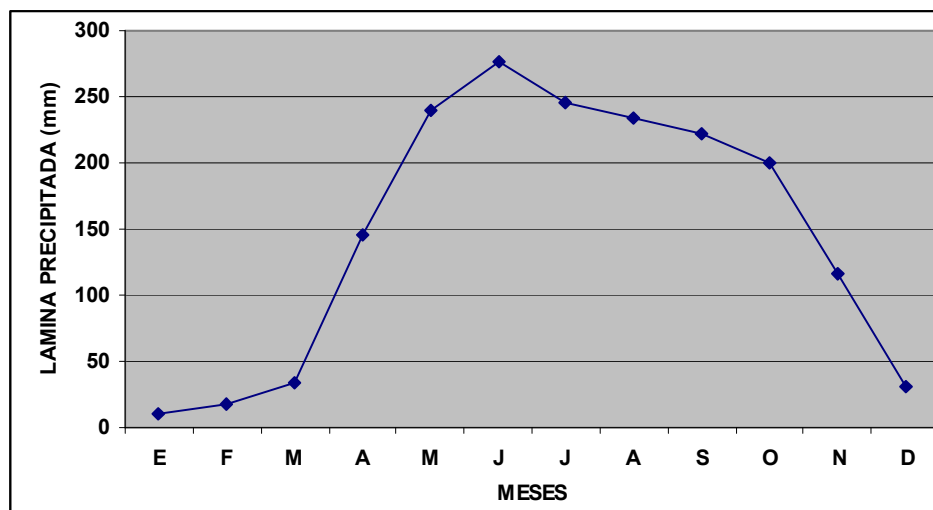


Figura 4. Distribución de la precipitación mensual. Estación Mesa de Cavacas Período 1978-2008.

Elaboración propia.

➤ **Temperatura.**

En el período estudiado (1978-2008), la temperatura media anual en el área de la UNELLEZ-Guanare es 26,4 °C, con una máxima media anual de 31,7 °C y una mínima media anual de 22,1 °C. Con respecto a los valores medios mensuales, los valores más bajos, se observan en los meses de junio (25,4 °C) y julio (25,3 °C) y los más altos en los meses de marzo y abril con valores de 28,1 y 27,6 °C., respectivamente (Figura 5). En general, a variación de temperatura promedio mensual en el área no supera los 2,8 °C.

En función de los valores de temperatura máxima media, durante todos los meses del año en el área de influencia se presentan temperaturas promedios por encima de los 30°C., ocurriendo en el mes de marzo el mayor valor (34,2°C). Los valores mínimos medios se presentan en los meses de enero y diciembre con 21 y 21,6 °C., respectivamente (Figura 5).

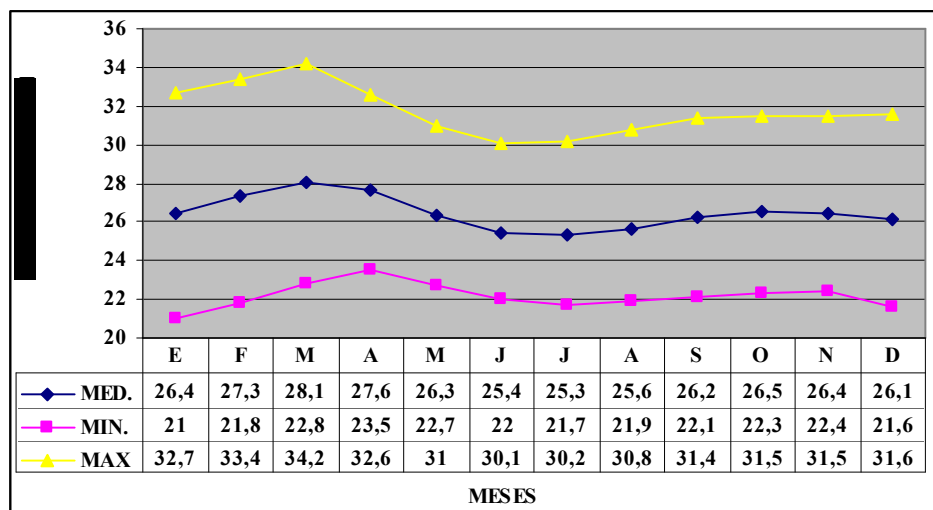


Figura 5. Temperatura medias, máximas y mínimas medias, mensuales y anual (°C).
Estación Mesa de Cavacas Periodo 1978-2008.
Elaboración propia.

➤ Balance Hídrico.

De acuerdo con la Figura 6, se observa que cuando la precipitación excede a la evapotranspiración potencial y el almacenamiento del suelo llega a su máximo, se presentan los meses con excesos de agua, para el área bajo estudio ocurre durante los meses de mayo a noviembre.

Los meses de deficiencia de agua se presentan cuando la evapotranspiración potencial es mayor que la precipitación almacenada en el suelo mas la que cae como precipitación no logran suplir la que potencialmente se evapotranspira. Esta situación ocurre en el área de la UNELLEZ, durante los meses de enero a marzo.

Por otra parte en los meses de enero, febrero y marzo la Evapotranspiración Potencial (ETP), supera la precipitación, provocando un uso del agua del suelo y déficit de humedad en estos meses. De igual manera, se observa los meses donde ocurren las mayores precipitaciones (abril-noviembre) las cuales superan en estos meses la ETP.

Evaluando los períodos de déficit y excesos de agua, los meses más promisorios para la siembra en lo que a requerimientos de agua se refiere, se presentan entre mayo a noviembre. En ellos se suple la ETP y se presenta almacenamientos de humedad en el suelo y en el resto de los meses se requieren del uso de riego para suplir los requerimientos hídricos.

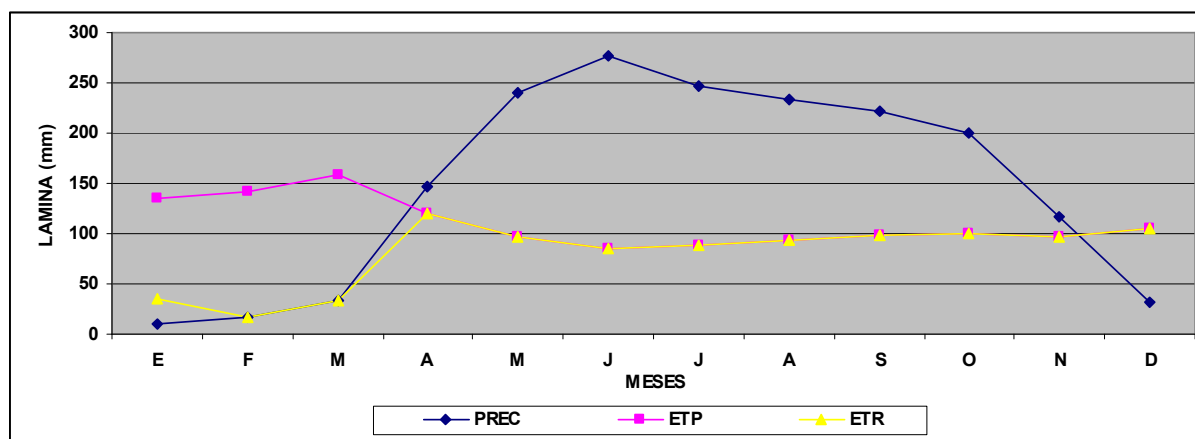


Figura 6. Representación gráfica del balance hídrico. Estación Mesa de Cavacas Período 1978-2008.
Elaboración propia.

1.3.1.2. Suelos.

Según la Carta catastral de suelo a escala 1:100.000 de Cartografía Nacional disponible en el Centro Cartográfico de la UNELLEZ - Guanare, los estudios de suelo del Plan de Inventario Nacional de Tierra (MARNR 1983), Ministerio de Obras Públicas (1968) y los realizados por Veiga (2001), a nivel general, en la parcela “B” (Unellez) dominan los suelos Ultisoles y para la estación Marfilar (Parcela “B”) los Inceptisoles,

Los suelos del área donde se ubica la parcela “A” fueron producto del aporte de sedimentos del río Guanare y sus afluentes (Ministerio de Obras Públicas 1968).

El MARNR, citado por Larreal (1992), estableció que la planicie del río Guanare proviene de materiales mezclados de rocas sedimentarias de granos grandes con intercalación de calizas y con alguna influencia de rocas metamórficas. Los suelos derivados de estos sedimentos, presentan una buena proporción de bases, pH de débilmente ácido a neutro, de buen drenaje a imperfecto a pobre donde no hay fluctuaciones del nivel freático.

Los suelos aparecen asociados a la investigación del MARNR (1983), donde se mencionan los principales grandes grupos mapeados como Ustropepts y Tropaquepts, y en menor cuantía Eutropepts, Dystropepts y Humitropepts. Los Ustropepts dominan en posiciones fisiográficas altas y los Tropaquepts en bajas.

Según la Oficina Edafológica de Occidente (1968), la parcela "A" se encuentra localizada sobre la serie Guanare franco arcillosa en fase profunda, caracterizada por texturas moderadamente finas y capas de grava a más de 125 cm de profundidad. El drenaje interno y externo es bueno.

Por otra parte los suelos que predominan en la parcela "B", según Granados (1972), son suelos con horizonte A delgado de color amarillento oscuro y textura franco arcillo arenosa y un horizonte B, de textura franco arcillosa hasta arcillosa y color pardo intenso, con fertilidad natural muy baja. Así mismo, el MARNR (1983), clasificó las tierras del piedemonte a nivel taxonómico como: asociación de Ultisoles (Haplustults y Paleustults), con pendientes entre 8 y 20 %; asociaciones de Alfisoles con Inceptisoles entre 45 y 60 % de pendiente, suelos con poca profundidad y presencia de rocas o cantos rodados en superficie.

Por otra parte Larreal *et al.* (1979), señalan que sobre las terrazas altas del río Guanare predominan los Ultisoles bien drenados y de color rojo amarillento, texturas medias a finas, con estratos esqueléticos en la parte inferior del perfil. El pH está alrededor de 5, el fósforo disponible es muy bajo, la materia orgánica de media, bajo contenido de calcio, magnesio y potasio intercambiables y la saturación con aluminio intercambiable varía de 14 a 32 % en los primeros 10 cm y entre 75 y 85 % en los horizontes inferiores. Pudiéndose clasificar como Typic Haplustults francosa-fina mixta, isohipertérmica.

1.3.2. Medio Biológico.

1.3.2.1. Vegetación.

La vegetación del piedemonte y de la planicie han sido ampliamente estudiadas (Cuello *et al.* 1989; Stergios *et al.* 1998, Aymard y Cuello 1989; Aymard y Cuello 1999). De tal manera que la vegetación puntual del área de estudio se caracteriza por presentarse en dos posiciones fisiográficas distintas, aunque la composición florística varía poco en ambas áreas comparten en un 80 % especies similares. La parcela “B” se encuentra ubicada en una posición de piedemonte donde predominan especies arbóreas como el chaparro (*Curatella americana*), el chaparro manteco (*Byrsonima crassifolia*), el alcornoque (*Bowdichia virgilioides*), Algarrobo (*Hymenaea courbaril*), Caña Fistola (*Cassia moschata*), Caruto (*Genipa americana* var. americana), Erizo (*Apeiba tiborbou*), Fruta de burro (*Xylopia aromatica*), Bototo (*Cochlospermum vitifolium*), *Casearia sylvestris* var. lingua, entre otras. En cuanto al uso actual dominante en el sector es de potreros, con gran cantidad de malezas de hoja ancha que cubrían el 100 % del área de la parcela.

La Parcela “A”, localizada en la planicie aluvial se encontraba bajo barbecho, donde dominaba el corocillo (*Cyperus rotundus*) como cobertura. Sin embargo en los alrededores se podían observar especies secundarias o pioneras producto de las deforestaciones entre estas se encuentran: el Guasimo (*Guazuma ulmifolia*), Yagrumo (*Cecropia peltata*), Bototo (*Cochlospermum vitifolium*), Saman (*Samanea saman*), *Phitecellobium dulce*, *Enterolobium cyclocarpum* y Jobo (*Spondias mombin*), entre otras. Cabe destacar que esta parcela ha estado bajo uso agrícola por más de 40 años.

En ambos casos, la zona de vida se ubica en Bosque Seco tropical (Ewel y Madriz 1968).

CAPÍTULO II. DESARROLLO DEL TRABAJO.

2.1. BASES CONCEPTUALES.

Estudios específicos sobre el potencial de lodos de vinaza como abono orgánico, en estado sólido, no se han realizado, sin embargo a continuación se citan algunas experiencias en Venezuela sobre otros biofertilizantes y que tienen relación directa con el mismo, no obstante, la investigación sistemática sobre el uso de abonos orgánicos de origen anaerobio, aplicados en forma líquida, sólida o semisólida, es de poca o escasa referencia en el País (Vargas *et al.* 2003).

El uso del compost y la cachaza como biofertilizante ha sido uno de los abonos orgánicos más investigado. Matheus (2001 y 2004) realizó un ensayo con el uso de compost como biofertilizante en el cultivo de maíz concluyendo que la combinación de fertilizantes químicos conjuntamente con los orgánicos tenían un efecto positivo en el rendimiento del maíz, indicó además que las variables fósforo y las bases intercambiables fueron afectadas positivamente. Por otra parte, Arriechi y Mora (2005), evaluaron los efectos de residuos orgánicos en suelos maiceros concluyendo que la cachaza constituye un buen suplidor de materia orgánica en suelos Alfisoles y produjo un aumento en los rendimientos del cultivo; también se ha demostrado ser eficaz en el mejoramiento de algunas propiedades físicas del suelo, pero su efecto es por poco tiempo, por lo que se recomienda mezclarla con una enmienda química (Zérega 2000).

Vargas y Briceño (2003) destacan el efecto positivo sobre algunas propiedades químicas y sobre la productividad del suelo que ejerce la incorporación de desechos orgánicos sobre un Alfisol.

Varios trabajos se han realizado para convertir materiales de desecho industrial, provenientes de diferentes fuentes, en bioabonos usando métodos aerobios y anaerobios. Aerobios, mediante compostaje y lombricompostaje; y, anaerobios mediante biodigestores. Así, han reciclado materiales como vinaza, bobinaza, desechos de otros animales, polvillo procedente del bagazo de la caña de azúcar

durante su conversión en papel, cascarilla y pulpa de café. Los productos resultantes de la transformación son: Bioabonos (sólidos y líquidos), Lombriz Roja Californiana (proteína animal) y Biogás para uso doméstico e industrial (García y Martínez 2008, Bravo y Giraldo 2003, Vargas y Briceño 2003).

La vinaza, considerada elemento contaminante, puede ser utilizada como biofertilizante, siendo un excelente acondicionador de terrenos y recuperador de tierras que han perdido sus atributos por acción de sales y sodio (Zérega *et al.* 2006). Entre los elementos que posee se encuentran potasio, azufre, calcio, cloro, nitrógeno, magnesio y fósforo; pudiendo, mediante su uso racional, permitir al agricultor un ahorro de casi 100% de sus costos en fertilizantes. Algunas industrias, como el Ingenio Providencia, en el Valle del Cauca - Colombia, tienen experiencias en la aplicación de vinaza como fertilizante, en proporción de 50 a 60 m³/ha, logrando óptimos resultados. El mayor problema que se presenta con este fertilizante es que contiene 87 por ciento de agua, lo cual dificulta su transporte (Arana 1990).

En Venezuela, el uso de las vinazas líquidas, aunque no se establecen dosis, está regulada a través de la Ley sobre Sustancias, materiales y desechos peligrosos y el Decreto 2.635 “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos”, de fecha 22 de julio de 1998.

Las vinazas como tales no son aptas directamente para producir compost, sino, que se incorpora como uno de los componentes nutritivos (Conil 2008, citado por Obregón 2008). Entre otras posibles formulaciones, este rico fertilizante orgánico está compuesto de cachaza, bagazo, cenizas de las calderas que queman bagazo y nutrientes. El compostaje ocurre de forma espontánea en la naturaleza por la descomposición de la materia orgánica mediante degradación biológica, hasta la formación natural del humus, que favorece notablemente el restablecimiento de la fertilidad de los suelos. Biotecnológicamente mediante un proceso de fermentación con microorganismos inoculados con excretas animales o cultivos mixtos desarrollados, se transforma en una fuente de C, N, P y K muy buena para los suelos de cualquier cultivo; de allí su amplia utilización en los canteros de la agricultura urbana en Cuba.

Gran parte del aumento de la productividad de la caña de azúcar en Brasil se puede atribuir a la mejor preparación del suelo, al desarrollo de variedades superiores de caña y al reciclaje de nutrientes (RIMA, Batatais 1990, citado por C&T-Brasil 1997). La vinaza está valorizada como un fertilizante de caña de azúcar por su alto nivel de potasio; 100 m³ de vinaza por hectárea suministran 125 kg de K₂O (C&T-Brasil 1997).

Entre 1971 y 1974 (INESCO 1979; citado por Sarría y Prestón 1992) un grupo de investigadores brasileños realizaron estudios de evaluación de la riqueza mineral de la vinaza. Con base en los resultados propusieron recomendaciones con miras a su uso racional como fertilizante, pues consideraron elevada eficiencia y mejora en las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos. Determinaron que un metro cúbico de vinaza diluida contiene sales minerales equivalentes a 2.6 kg de urea, 0.3 kg de superfosfato triple y 15,7 kg de cloruro de potasio.

Los efectos de la aplicación de dosis de vinaza (0, 25, 50, 75 y 100 m³/ha), aplicada en dos porciones (10 y 55 días después de la siembra, o del corte), durante tres ciclos del cultivo de la caña de azúcar (Plantilla, Soca I y Soca II), en un suelo Fluventic Ustropepts, representativo del área cañera del Valle del Río Turbio, se manifestaron en el incremento de la producción de la caña de azúcar, sin afectar su calidad; y se evidenció que puede sustituir 55 % del nitrógeno, 72% del fósforo (P₂O₅) y 100 % del potasio (K₂O), proveniente de la fertilización mineral. Los mejores rendimientos se obtuvieron cuando se incorporaron 50 m³/ha de vinaza en plantilla y 100 m³/ha en soca I y soca II (Gómez 1996).

No obstante, COPERSUCAR (1986), señala que las aplicaciones con vinaza incrementan significativamente el contenido de potasio intercambiable en el suelo hasta los 100 cm de profundidad y lo atribuyen a una intensa lixiviación de este elemento en el suelo (Nunes *et al.* 1981).

En la Destilería El Caimán, estado Portuguesa se realiza un seguimiento, desde 1998, de las características físicas y químicas de los suelos que han sido regados con vinaza. Los autores señalan que las unidades de suelos que han recibido vinaza sistemáticamente, como práctica de riego, han experimentado cambios

positivos significativamente en incremento del potasio, materia orgánica y fósforo, con mayor efecto en la capa superficial que en el subsuelo (Chacón y Antonucci 2006).

Por otra parte, la aplicación de vinaza líquida como fertilizante potásico en caña de azúcar y su efecto sobre las propiedades químicas de un Inceptisol, genera un aumento del pH del suelo, disminuye el aluminio intercambiable e incrementa la concentración de potasio. También se mejoran las relaciones catiónicas, principalmente entre el calcio y el magnesio. Por tanto la vinaza es un excelente producto mejorador del suelo y cuyo uso, en dosis de 37 m³/ha, previo a la preparación del terreno permitió, en suelos similares a los de este estudio, obtener mayores rendimientos del cultivo y enriquecer la condición nutricional de las fincas de la región, además de solventar problemas de disposición de efluentes y solucionar problemas de salud pública que puedan generarse (Alfaro 2000).

Rodríguez y Chávez (2003) determinaron, en ensayo de laboratorio, el efecto de la aplicación de seis dosis crecientes de vinaza sobre las propiedades químicas de dos suelos en Costa Rica. Las dosis evaluadas fueron: 0 – 100 – 200 – 300 – 400 y 500 m³/ha. Después de 105 días de la aplicación, se evaluaron químicamente los suelos en cuatro profundidades: 0-20, 20-40, 40-60 y 60-120 cm. Los resultados confirmaron la relación directa entre la adición de vinaza, en sus diferentes dosis, y los incrementos del pH; así como las concentraciones de P, K, Ca, Mg, S, Mn, MO, bicarbonatos, bases totales, cloruros, conductividad eléctrica (dS/m) y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

Stupiello (1977) y Cesar *et al.* (1978); citados por Gómez (1996), indican que el exceso de potasio puede provocar aumento de cenizas en el jugo de la caña, lo que dificultaría la cristalización del azúcar, trayendo como consecuencia disminución del rendimiento industrial.

2.1.1. Características de la vinaza.

La Vinaza Miel, es un producto cuyo origen proviene de la caña de azúcar y se obtiene de la fermentación y destilación de las melazas. Este residuo líquido es caracterizado por una muy alta demanda química de oxígeno (DQO), lo que constituye una fuente importante de contaminación de agua superficiales.

La vinaza, es considerada un elemento contaminante, ya que produce alteraciones a nivel químico, físico y biológico, sobre el cuerpo de agua debido a su carga orgánica y de los diferentes elementos (Zérega *et al.* 2006), sin embargo Obregón (2008) indica que las vinazas aun siguen consideradas como un residual líquido muy agresivo al medio ambiente, pero que se han ido transformando con el empleo de la ciencia y de la técnica, en una fuente de materia prima para otros destinos productivos, como en el caso cubano donde la vinaza es ampliamente usada en la actualidad como fertirriego y como sustrato para producir levadura de torúla forrajera para alimentación animal, además como insumo para producir biogás.

De acuerdo con ensayos realizados por científicos de la Universidad Nacional, sede Palmira, Colombia, este producto es un excelente acondicionador de terrenos; además recupera las tierras que han perdido sus atributos por acción de sales y sodio. Según los investigadores, este nuevo fertilizante contiene una composición nutricional, química y biológica que lo convierten en un desecho con inmenso potencial fertilizante para uso agropecuario. Entre los elementos que posee este compuesto se encuentran el calcio, magnesio, nitrógeno, fósforo y potasio.

A nivel general la vinaza constituye un residuo líquido agroindustrial, aunque se puede transformar a formas sólidas granuladas (Irisarri 2006), de color pardo oscuro que se obtiene en la operación de destilación de vinos fermentados a partir de sustancias azucaradas. En promedio su contenido de agua alcanza 94 %, con un pH ácido (4,0 – 5,0). Aproximadamente 75 % del material sólido son sustancias orgánicas, mientras que 25 % restante son constituyentes minerales en donde el potasio representa el mayor porcentaje. Su principal característica es la de poseer una demanda química de oxígeno alta por lo que puede constituir una fuente importante

de contaminación si no es adecuadamente tratada. La vinaza constituye el desecho de mayor importancia en las destilerías de alcohol, debido al gran volumen de producción. Es un líquido de color café con bajo pH, olor dulce, alto contenido de materia orgánica disuelta y en suspensión, turbidez y temperaturas elevadas, DBO (demanda bioquímica de oxígeno) que oscila entre 7.000 y 20.000 mg/litro, taninos y otras sustancias que pueden provocar disminución en el oxígeno disuelto en el medio, favoreciendo la proliferación de organismos patógenos y la muerte de animales benignos para el ecosistema (Sarría y Prestón 1992; Bravo y Giraldo 1998).

Por otra parte la vinaza contiene potasio, azufre como sulfatos, cantidades apreciables de calcio y magnesio y materia orgánica y cantidades moderadas de nitrógeno y fósforo. Por la alta DBO, cuando la vinaza se descarga en cuerpos de agua con caudal insuficiente para provocar una dilución compatible con sus características, genera efectos desastrosos en la flora y fauna existentes, por el rápido agotamiento del oxígeno. Por cada litro de alcohol obtenido a partir de mosto de melaza, se generan alrededor de trece litros de vinaza (Orlando y Leme 1984, Sarría y Prestón 1992, Bravo y Giraldo 1998).

2.1.2. Composición química de la vinaza.

La vinaza contiene principalmente materia orgánica, potasio (K), azufre (S), magnesio (Mg), nitrógeno (N) y calcio (Ca); sin embargo, esta composición es variable según provenga de melaza, jugo o la mezcla de ambos. De acuerdo con análisis realizados en Brasil (Gloria y Orlando, 1983), la vinaza proveniente de melaza presenta los mayores contenidos de materia orgánica y elementos minerales.

En la Tabla 1, se muestran los resultados de algunas variables físico-químicas de la vinaza, según diferentes investigadores o análisis.

Tabla 1.
Composición físico-química de la vinaza.

Análisis	Unidad	Martínez <i>et al.</i> (2000)	Destilería El Caimán (1996)
		Resultado	
pH		4,3	6,9
Conductividad Eléctrica	dS/m	11,93	6
Densidad	g/cm ³	1,06	-
Materia Orgánica	%	4,06	-
Nitrógeno total	mg.kg ⁻¹	2157	11700
Fósforo (P ₂ O ₅)	mg.kg ⁻¹	367,1	2600
Potasio (K ₂ O)	mg.kg ⁻¹	36415	3500
Calcio (CaO)	mg.kg ⁻¹	2575.,4	18500
Magnesio (MgO)	mg.kg ⁻¹	2248,5	3400
Azufre (SO ₄)	mg.kg ⁻¹	7509	-
Hierro (Fe)	mg.kg ⁻¹	43,97	15300
Manganeso (Mn)	mg.kg ⁻¹	55,43	98,98
Cobre Cu)	mg.kg ⁻¹	40,28	177,17
Cinc Zn)	mg.kg ⁻¹	34,85	223,39
Boro (B)	mg.kg ⁻¹	3,52	-

Los volúmenes de producción de vinaza están relacionados con la producción de alcohol. Para el caso de la Industria de Licores del Valle en Colombia, cuya producción de alcohol es de 120.000 litros / día, se generan 1.600.000 litros de vinaza /día, lo que representa que por cada litro de alcohol se generan 13,3 litros de vinaza (Sarría y Prestón 1992).

La diferencia presentada en la composición de la vinaza presentada en la Tabla 1, indica que la misma no es constante y posiblemente tenga que ver con el proceso industrial utilizado, en tal sentido Obregón (2008) y Gloria y Orlando (1983) citado por Quintero *et al.* (2006), señalan que las vinazas no tienen idénticas

características con el mismo sustrato en cada destilería, y mucho menos con sustratos diferentes.

Es importante resaltar que no se tenía información documentada sobre la composición fisicoquímica de los lodos de vinaza, hasta la presente investigación (Tabla 4).

2.2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

2.2.1. Diseño Experimental.

2.2.1.1. Establecimiento de las unidades experimentales.

El experimento se realizó durante el periodo de lluvias (Junio-Octubre, 2009). Para el diseño experimental se estableció un tratamiento de bloques al azar con dos repeticiones (bloques) y dos subparcelas por tratamiento en cada réplica. Se establecieron, para cada unidad de suelo, dos parcelas de aproximadamente cuarenta (40) metros por dos metros y medio (2,5 m), divididas en cuatro (4) sub-parcelas de 10 x 2,5 metros (25 m²), las cuales se dividieron en dos como compensación de la pérdida de grados de libertad del bloqueo. Es importante mencionar que el diseño se realizó de esta manera para evitar el efecto de variabilidad en el muestreo y por los costos que acarrea el análisis de suelo (Párraga, C. 2009. Com. personal) (Figura 7). Antes de la delimitación de las mismas se eliminó la vegetación herbácea y se le dio un pase de rastra para incorporar los residuos sobrantes y acondicionar el suelo (Figura 8).

Los tratamientos se definieron de la siguiente manera:

T0 = Testigo, sin ningún tipo de tratamiento.

T1 = tratamiento con fertilizante químico (10-20-20, 35 g/m²) y reabono (urea, 20 g/m²).

T2 = tratamiento con lodo en dosis de 2,5 kg/m².

T3 = tratamiento con lodo en dosis de 5 kg/m².

El ensayo fue repetido en los suelos y se analizó el efecto individual y combinado de los ensayos siguiendo el siguiente modelo estadístico:

$$X_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{donde:}$$

X_{ij} = observación obtenida en el i-ésimo bloque con el j-ésimo tratamiento.

μ = media poblacional.

T_i = efecto debido al i-ésimo bloque.

β_j = efecto debido al j-ésimo tratamiento.

ε_{ij} = error experimental.

Los lodos a utilizar en T2 y T3, se pesaron en una balanza de precisión para 100 kg (62,5 y 125 kg respectivamente), se agregaron a las subparcelas escogidas para estos tratamientos y se mezclaron con el suelo (escardilla) en los primeros veinte (20) centímetros (Figura 9).

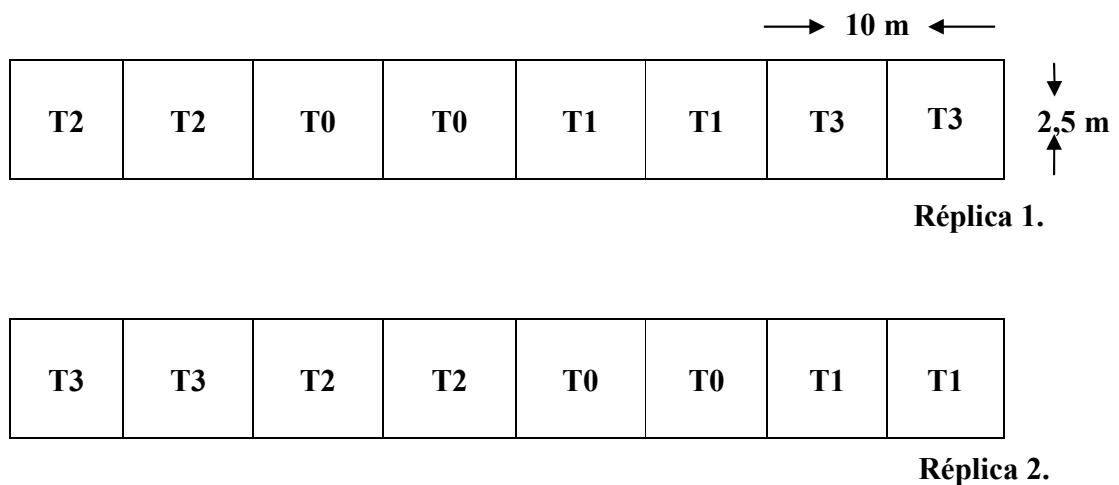


Figura 7. Diseño experimental de bloques al azar y sus tratamientos.

Elaboración propia.



Figura 8. Delimitación y limpieza de las parcelas experimentales.



Figura 9. Incorporación de los lodos de vinaza a las parcelas experimentales.

2.2.2. Caracterización de los suelos y lodos de vinaza.

Se realizó siguiendo la metodología propuesta por Soil Survey Staff (1993, 2006) y Chacón (2001).

- **Suelo:** se realizaron dos calicatas, una en la parcela “A” y otra en la “B” para definir o caracterizar la unidad de suelo objeto del ensayo, a través del perfil. Para caracterizar químicamente los suelos se tomaron dos (02) muestras (0-20 cm), en cada subparcela por tratamiento, tanto al inicio como al final del ensayo, lo que arrojó

un total de 64 muestras de suelo analizadas en ambas parcelas (“A y “B”). Las muestras se obtuvieron con el uso de un barreno (Figura 10).



Figura 10. Toma de las muestras de suelo en cada subparcela, al inicio y final del ensayo.

➤ **Lodos de vinaza:** Los lodos de vinaza utilizados son producto o resultan de la acumulación de vinaza en lagunas y por la mezcla de los componentes de esta con el sustrato mineral. Se obtuvieron muestras directamente de las lagunas, con el uso de palas y fueron depositadas en sacos, se secaron al aire libre y no se les aplicó ningún tratamiento, se les realizó un análisis físicoquímico (rutina reforzada) para determinar nutrimentos disponibles y algunas propiedades químicas (Figura 11) (Tabla 4).



Figura 11. Toma de la muestras de lodo de vinaza en la Destilería El Caimán.

2.2.3. Método de análisis de laboratorio.

Para caracterizar químicamente los suelos y lodos se realizaron los análisis fisicoquímicos correspondientes en el Laboratorio de Análisis y Procesamiento de Suelos y Calidad de Agua de la UNELLEZ-Guanare (Registro MARN 09-001), las variables evaluadas fueron:

- a. **Textura:** Bouyoucos modificado; con lecturas para la determinación de la arena, a los 50 segundos; y para la arcilla, a las 8 horas.
- b. **pH** en suspensión suelo:agua = 1:2; lectura en pH-metro.
- c. **Acidez:** extraída con KCL en suelos con pH inferior a 5.5.
- d. **Conductividad Eléctrica (CE):** En suspensión suelo:agua 1:2; lectura en conductímetro.
- e. **Materia orgánica:** Método de Walkley – Black.
- f. **Nitrógeno total.** Macrokjedahl y Microkjedahl
- g. **Fósforo disponible:** Método de Olsen; lectura en colorímetro.
- h. **Potasio y sodio intercambiable:** Extracción con acetato de amonio 1N a pH 7; lectura por fotometría de llama.
- i. **Calcio y magnesio intercambiables:** Extracción con acetato de amonio 1N a pH 7; lectura por absorción atómica.
- j. **Micro-elementos:** Extracción por Doble Ácido (DPTA-CaCl₂-TEA); lectura por absorción atómica.
- k. **Capacidad de intercambio catiónico (CIC)** por suma de bases intercambiables mas acidez extraíble con cloruro de bario trietanolamina a pH 8.2 y Porcentaje de saturación de bases (**PSB**).
- l. **Aluminio intercanbiable:** KCl 1N.

2.2.4. Efectos sobre el cultivo indicador o de referencia.

Para determinar el efecto del lodo sobre un cultivo, se usó el rubro Maíz (*Zea mays*), por considerarse que es uno de los rubros de mayor importancia en el sector y la región, además que manifiesta cambios biométricos más definidos y se correspondió con su ciclo de siembra.

El maíz se sembró en cinco hileras de 10 metros con cinco (05) plantas por metro lineal (cada 20 cm), la separación entre hileras fue entre 60 y 70 esto es una densidad de siembra de 8 plantas/m², es decir 200 plantas en cada sub-parcela.

Se usó un híbrido de color amarillo y de porte bajo (Decalk 325) y para el tratamiento uno (T1) se utilizó como abono, una fórmula completa (10-20-20) a razón de 350 kg/ha (875 g/25 m²), a los treinta (30) días se aplicó un reabono con urea a razón de 150-200 kg/ha (500 g/25 m²). Las dosis se determinaron sobre la base de los resultados obtenidos en los análisis de suelo y según la recomendación del laboratorio de suelos de la UNELLEZ (Salazar, P. 2009. Com. Personal).

La siembra se realizó diez (10) días después de haber aplicado los tratamientos con lodo y fertilizante, y se sembraron de dos a tres semillas por hoyo (Figura 12).



Figura 12. Aspectos de la siembra del cultivo indicador.

2.2.5. Variables biométricas.

Las variables biométricas o descriptores evaluados (CIMMYT-IBPGR.1991), fueron: altura de la planta, diámetro del tallo y peso seco.

- **Altura de la planta** (AP, cm): se midió la longitud del tallo desde su inicio hasta la última hoja ligulada. Se realizó con una regla graduada.
- **Diámetro del tallo** (DT, cm): se midió el grosor del tallo en el segundo entrenudo desde la base del tallo. Se utilizó un Vernier.
- **Peso seco** (PS, g): peso de la biomasa (hoja y tallo) en laboratorio, luego de secada en estufa a 100 °C por 24 horas y a peso constante. Se usó una balanza de precisión 2.610 kg para pesar las muestras secas.

Los datos altura de la planta y diámetro del tallo se comenzaron a tomar a los diez días de haber germinado y se realizaron cuatro mediciones de la siguiente manera: a los 15, 30, 45 y 60 días, a los 75 días se realizó la cosecha de la biomasa. Las medidas se tomaron al azar a individuos ubicados en las tres hileras centrales a razón de siete plantas por hilera, para el análisis estadístico se utilizaron valores promedios (Figura 13).



Figura 13. Toma de datos en campo de las variables AP y DT.

2.2.6. Análisis de los datos.

Para el tratamiento estadístico de las variables de suelo y las variables biométricas DT y AP, se realizó un análisis descriptivo de los parámetros en cada tratamiento antes y después, mediante:

- a) Análisis de la varianza para modelo de parcelas divididas en el tiempo con distribución en bloques al azar.
- b) Prueba de comparación de medias de Tukey al 5%.

Para el tratamiento de la variable peso seco se usó un análisis de la varianza para modelos en bloques al azar con dos repeticiones y la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%.

El paquete estadístico usado fue el STATISTIX for Windows Versión 8.0. (Analytical Software, 2008).

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS Y LODOS DE VINAZA.

3.1.1. Suelos.

El suelo en la parcela “A” se clasificó a nivel de familia como Fluventic Haplustepts fina, mixta, isohipertérmica (Orden Inceptisoles), esta descripción no difiere de las realizadas por Veiga (2000). En la parcela “B”, el suelo se clasificó como Typic Haplustults francosa-fina mixta, isohipertérmica (Orden Ultisoles). Las características del perfil son mostradas en el Anexo A.

Los resultados de los análisis de las muestras de suelo por tratamiento y parcela se muestran en las Tabla 2 y 3, con valores promedios y en el Anexo B, los resultados generales tanto al inicio como al final del ensayo por cada tratamiento. Cabe destacar que Veiga (2001), señala la significancia del contenido de calcio en los suelos, esto coincide con la concentración de este elemento en los análisis de laboratorio realizados que resultaron bastante altos para la parcela “A” (ANEXO C: Tabla de interpretación de resultados de suelos de Edafofinca C.A.)

Tabla 2.

Comparación de los resultados de las variables de suelo al inicio (M1) y final (M2) del muestreo en la parcela "B".

Variable	T0		T1		T2		T3	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
pH	4,82	5,2	4,9	5	4,6	4,95	4,87	4,9
Cond (dS/m)	0,06	0,03	0,03	0,04	0,06	0,06	0,03	0,06
MO (%)	1,02	1,48	1,26	1,65	0,79	1,38	1,06	1,64
P (mg.kg ⁻¹)	1,12	1,5	0,75	3,75	1,37	7	0,62	3
K (mg.kg ⁻¹)	18,75	15	21,25	16,25	17,5	16,25	18,75	22,5
Ca (mg.kg ⁻¹)	297,25	357	211,25	372,5	180,5	255,75	192,75	303,5
Mg (mg.kg ⁻¹)	39	51,5	49,25	55,5	33,25	29,75	26,25	41,75
Fe (mg.kg ⁻¹)	114,25	150,75	99	145,25	115	151	113,75	185
Mn (mg.kg ⁻¹)	7,07	13,75	9,4	13,75	4,8	12	6,15	11,5
Cu (mg.kg ⁻¹)	0,69	1	0,63	1	0,4	1	0,43	1,75
Zn (mg.kg ⁻¹)	2,25	2,75	1,75	2	1,75	2	1,5	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.

Comparación de los resultados de las variables de suelo al inicio (M1) y final (M2) del muestreo en la parcela "A".

Variable	T0		T1		T2		T3	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
pH	6,25	6,3	5,85	6,1	6,45	6,2	6	6,25
Cond (dS/m)	0,05	0,06	0,08	0,05	0,065	0,08	0,06	0,08
MO (%)	2,07	1,91	1,75	1,83	1,81	2,24	1,92	1,87
P (mg.kg ⁻¹)	25,75	19,25	17,75	20,5	19,25	23,25	15,75	16,75
K (mg.kg ⁻¹)	85	63,75	65	97,6	76,25	92,5	63,75	72,5
Ca (mg.kg ⁻¹)	1306,75	1310	1064,25	1166,25	1459,25	1376,25	1168	1382,25
Mg (mg.kg ⁻¹)	225,25	236,75	215,5	252	238,5	230,75	230	252
Fe (mg.kg ⁻¹)	64,5	79,25	87	85,75	51,5	80	66	72,75
Mn (mg.kg ⁻¹)	26,75	28	23,5	24,5	31,5	31,75	24,25	36
Cu (mg.kg ⁻¹)	0,95	1	1,35	1,65	0,9	1,5	1,2	1,85
Zn (mg.kg ⁻¹)	6,5	6,75	6,5	5,5	7,25	7,75	7	7,75

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Lodos de vinaza.

Los lodos de vinaza se caracterizaron aplicando el análisis de rutina descrita en la metodología, donde las características más importantes en cuanto a las variables químicas se destacan en la Tabla 4. Con respecto a las características físicas, estos lodos presentaban, en húmedo, un color marrón oscuro, consistencia granular hasta pastosa, con gran contenido de humedad, y fuertes olores mientras que secos figuraban con colores marrones claros y de textura Franco Arcillo arenosa (Figura 14).

Tabla 4.

Características químicas del lodo de vinaza de la Destilería El Caimán, Guanare, Portuguesa.

Parámetro	Unidad	Valor	
pH		4	
Cond. Eléctrica	dS/m	5,2	
Materia orgánica	%	3,53	
Nitrógeno	%	1,32	
Fosforo disponible	mg.kg ⁻¹	10	
Potasio disponible	mg.kg ⁻¹	2600	
Calcio disponible	mg.kg ⁻¹	300	
Magnesio disponible	mg.kg ⁻¹	65	
Al intercambiable	Cmol(+).kg ⁻¹	Trazas	
Hierro	mg.kg ⁻¹	466	
Manganeso	mg.kg ⁻¹	81	
Cobre	mg.kg ⁻¹	28	
Zinc	mg.kg ⁻¹	80	
Sodio intercambiable	Cmol(+).kg ⁻¹	3	
Potasio intercambiable	Cmol(+).kg ⁻¹	6,4	2496 mg.kg ⁻¹
Calcio intercambiable	Cmol(+).kg ⁻¹	49	9800 mg.kg ⁻¹
Magnesio intercambiable	Cmol(+).kg ⁻¹	4,6	552 mg.kg ⁻¹
Acidez intercambiable	Cmol(+).kg ⁻¹	62	
CIC	Cmol(+).kg ⁻¹	125	
PSB	%	50	

Fuente: Elaboración propia, 2009.

De acuerdo con estos resultados se observa que los valores sobre todo del potasio, en la vinaza líquida, se asemejan a las referidas por Martínez *et al.* (2000) y los encontrados en la Destilería el Caimán (Tabla 1), donde los mismos alcanzaron valores altos; por otra parte se destaca la importancia de las concentraciones de los micro-elementos como hierro, cobre y zinc, además del pH.

En cuanto al fósforo disponible en el lodo de vinaza se observa un valor bajo con respecto a los resultados de la vinaza líquida de la Destilería El Caimán. Sin embargo, el contenido de fósforo total en el lodo de vinaza debe ser mucho mayor que el disponible, retenido en formas lentamente solubles en la fracción mineral y orgánica del lodo.

El potasio intercambiable resultó similar al potasio disponible, sin embargo el calcio y magnesio intercambiables son mucho mayores, esto indica una extracción más eficiente por un contacto más prolongado de la muestra con la solución extractora.

Tomando el valor de calcio intercambiable en ppm, observamos que es superior al valor reportado para vinaza líquida por Martínez *et al.* (2000) y aproximadamente la mitad del valor reportado para la vinaza de la Destilería El Caimán.



Figura 14. Aspectos del lodo de vinaza utilizado en el experimento.

3.2. EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE LODOS DE VINAZA.

3.2.1. Sobre el suelo.

Los resultados de los análisis de suelo antes y después del ensayo para determinar la variación química de las variables de suelo analizadas y aplicando el análisis estadístico respectivo, el efecto del lodo resultó no significativo (Tabla 5).

Tabla 5.

Análisis de la varianza para algunas variables de suelo Parcela "B".

	gl.	Valor de f y significancia					
Factor		Ca	Cond.	Cu	Fe	K	MO
Tratamiento	3	2,21 ns	1,26 ns	5,16 ns	0,63 ns	1,94 ns	4,93 ns
Muestreo	1	7,80*	0,88 ns	162,23**	98,20**	2,27ns	85,08**
Interacción	3	0,38 ns	1,06 ns	20,71**	2,97 ns	3,48 ns	0,76 ns
CV%		26,85	170,18	11,77	7,14	11,34	8,5

(Si $P > 0,05 = ns$; $P < 0,05 = *$; $P < 0,01 = **$)

Elaboración propia.

Tabla 5.

Análisis de la varianza para algunas variables de suelo Parcela "B" (Continuación.....).

	gl.	Valor de f y significancia				
Factor		Mg	Mn	P	Zn	pH
Tratamiento	3	0,94 ns	0,6 ns	1,29 ns	0,86 ns	3,4 ns
Muestreo	1	3,38 ns	123,35**	10,52*	50**	14,82*
Interacción	3	1,01 ns	1,48 ns	1,53 ns	11,33*	2,55 ns
CV%		20,51	10,83	73,34	8,32	2,25

(Si $P > 0,05 = ns$; $P < 0,05 = *$; $P < 0,01 = **$)

Elaboración propia.

Es importante acotar, que aun cuando estos valores resultaron no significativos para la varianza, en las pruebas de comparación de medias entre el primer muestreo (M1) y el segundo muestro (M2) existen evidencias significativas que si existe variación en las concentraciones de algunas variables, tal y como se evidencia en las Figuras 15 y 16, para las variable cobre y zinc en la parcela “B”, donde el T3 mostró mayor incremento en la concentración de estos elementos al final del ensayo (M2). De igual manera se comportaron los resultados de las variables de suelo en la parcela “A” (Tabla 6).

Tabla 6.

Análisis de la varianza para algunas variables de suelo Parcela “A”.

	gl.	Valor de f y significancia					
Factor		Ca	Cond.	Cu	Fe	K	MO
Tratamiento	3	3,81 ns	0,49 ns	3,51 ns	2,03 ns	0,42 ns	0,7 ns
Muestreo	1	48,38**	8,05*	13,57*	16,08*	0,06ns	34,71**
Interacción	3	1,41 ns	1,95 ns	1,69 ns	0,52 ns	3,8 ns	2,56 ns
CV%		4,04	17,13	21,93	9,82	9,96	5,92

(Si $P > 0,05 = ns$; $P < 0,05 = *$; $P < 0,01 = **$)

Elaboración propia.

Tabla 6.

Análisis de la varianza para algunas variables de suelo Parcela “A”
(Continuación.....)

	gl.	Valor de f y significancia				
Factor		Mg	Mn	P	Zn	pH
Tratamiento	3	0,21 ns	1,5 ns	1,35 ns	3,24 ns	1,79 ns
Muestreo	1	2,72ns	163,44**	28,95**	2,57ns	7,2ns
Interacción	3	0,3 ns	2,51 ns	2,14 ns	4,67 ns	2,67 ns
CV%		5,19	5,36	13,27	6,8	1,81

(Si $P > 0,05 = ns$; $P < 0,05 = *$; $P < 0,01 = **$)

Elaboración propia.

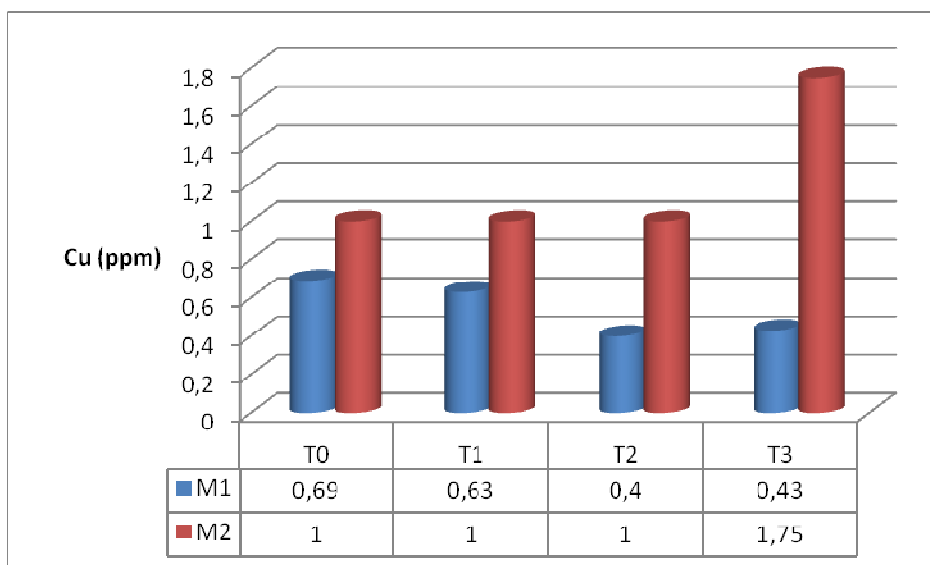


Figura 15. Variación de la concentración de Cobre (mg.kg^{-1}) al inicio y al final del ensayo en la parcela "B" (Interacción).

Elaboración propia.

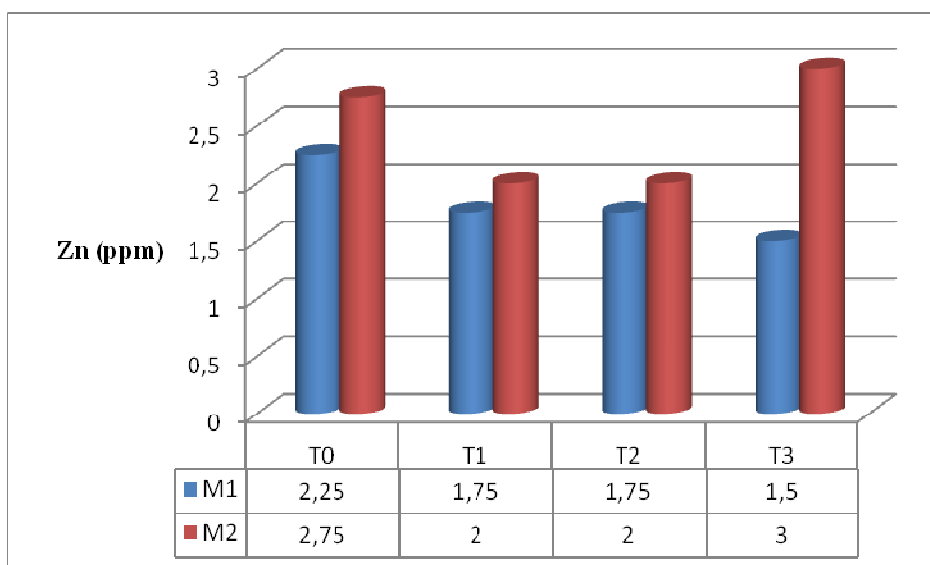


Figura 16. Variación de la concentración de Zinc (mg.kg^{-1}) al inicio y al final del ensayo en la parcela "B" (Interacción).

Elaboración propia.

En el análisis de la varianza no se evidenció diferencia entre los tratamientos, pero en el muestreo se aprecia un cambio que permite afirmar que se encontraron variaciones significativas entre los resultados del muestreo siendo mayores en M2.

Estas diferencias en el muestreo pueden ser el resultado de cambios en la dinámica de los elementos en el suelo a medida que el suelo permanece húmedo, dado que el primer muestreo se realizó a inicios del periodo de lluvias y el segundo al final del mismo. Estas variaciones pueden enmascarar las diferencias entre los tratamientos.

Por ejemplo en el suelo “B”, la materia orgánica aumenta en forma consistente entre M1 y M2 en todos los tratamientos. Este incremento puede resultar de la descomposición de los residuos de la vegetación que se incorporó al inicio del ensayo. De igual manera el incremento del calcio y fósforo entre M1 y M2, puede originarse por la misma descomposición de los residuos orgánicos, ya que estos forman parte de los tejidos vegetales.

Por otra parte, si comparamos el comportamiento de las variables de suelo analizadas queda en evidencia que las variaciones en las concentraciones de los elementos fue más perceptible en la parcela “B” donde predominan los Ultisoles, que son suelos más pobres que los Inceptisoles que dominan en la parcela “A”. Los niveles más altos en la parcela “A” hacen menos palpables los cambios o diferencias entre los muestreos.

No obstante, el fenómeno de mineralización de los lodos de vinaza quizás también haya ejercido un efecto en su comportamiento ya que el tiempo entre la incorporación de los lodos fue de sólo 10 días, tiempo, que tal vez, sea muy poco para favorecer la liberación de los elementos contenidos en estos lodos, a pesar de que se encuentran en concentraciones suficientes (Tabla 4). Otro factor importante que también pudiera haber condicionado los resultados, es el tiempo del ensayo que fue de aproximadamente 75 días.

Datzel *et al.* (1991) y Bernal *et al.* (1998), citado por Matheus (2004), señalan que los abonos orgánicos son productos de baja concentración mineral y lenta liberación. En los cuales el suministro de nutrimentos está determinado por factores edáficos y climatológicos de cada zona.

Por otra parte, Hernández *et al.* (2008), ratifican el factor tiempo como una variable importante para favorecer la mineralización de los abonos orgánicos y donde la mezcla de cachaza y vinaza no afectaron el pH, la conductividad eléctrica ni la capacidad de intercambio catiónico pero si los niveles de materia orgánica, fósforo y potasio.

De acuerdo con los resultados de la caracterización química de los lodos, donde destaca el contenido de fósforo (10 ppm), y la prueba de comparación de medias para las parcelas “A” y “B” (Figuras 17 y 18), se demuestra que las concentraciones de fósforo aumentaron entre el inicio y final del ensayo, sobre todo en la parcela “B”, destacando que el T2 fue el que mostró mayor variación seguido de T1, similares resultados fueron los obtenidos por Hernández *et al.* (2008) y lo reportado por Vargas y Briceño (2003) y Arrieche y Mora (2005) con otros tipos de biofertilizantes.

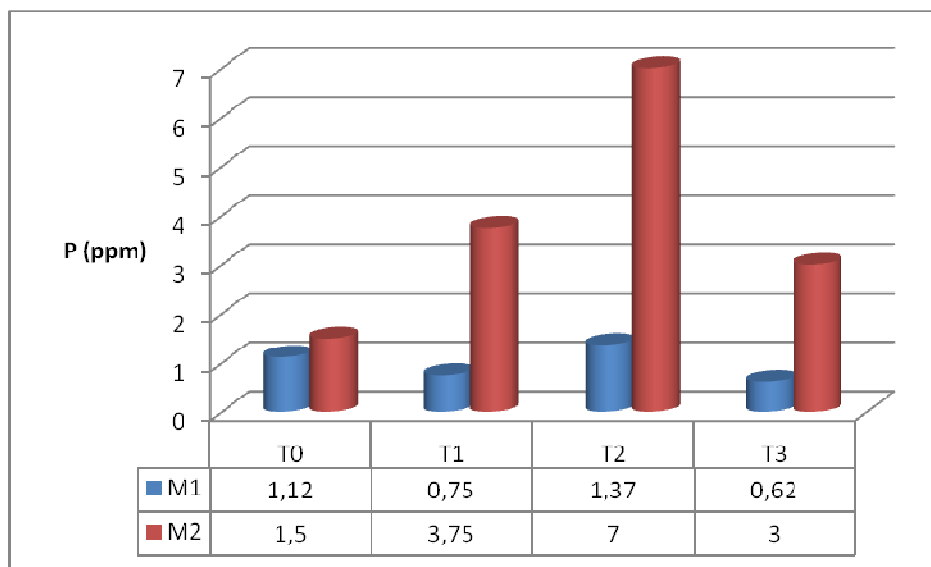


Figura 17. Variación de la concentración de Fósforo (mg.kg^{-1}) al inicio y al final del ensayo en la parcela “B” (Interacción).

Elaboración propia.

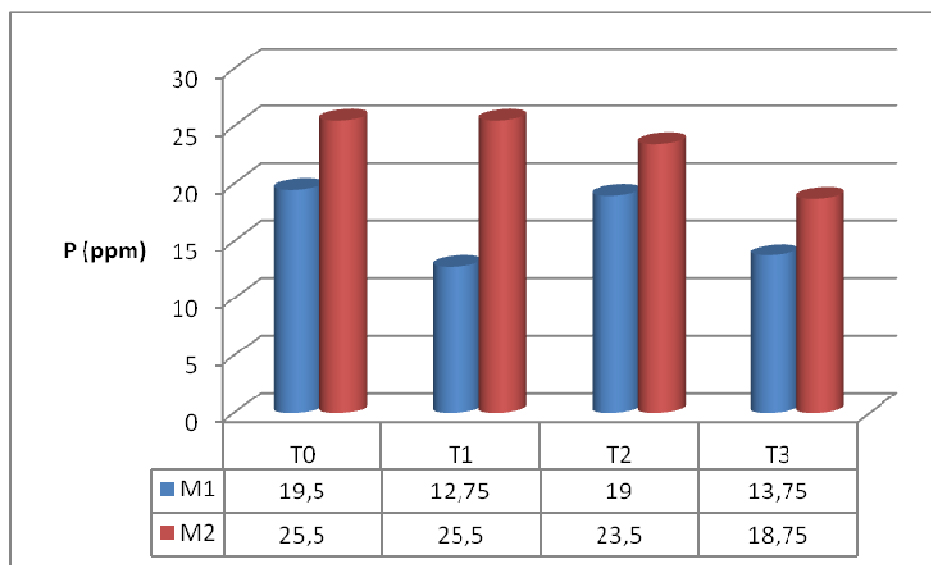


Figura 18. Variación de la concentración de Fósforo (mg.kg^{-1}) al inicio y al final del ensayo en la parcela “A” (Interacción).

Elaboración propia.

Es importante mencionar que los resultados obtenidos por Alfaro (2000) sobre un Inceptisol indican, contrariamente a los resultados obtenidos en la parcela “A” con un suelo del mismo tipo, un incremento en el pH, y mejoramiento en algunas propiedades químicas del suelo con el uso de vinaza líquida.

Elementos como el nitrógeno no fueron tomados en cuenta para el análisis estadístico dado que los resultados de laboratorio presentaban sesgos en sus valores (algunos valores con cero), por lo que se decidió eliminarlos para evitar posibles interpretaciones erróneas de los resultados.

La comparación entre el comportamiento de las variables analizadas en ambas parcelas, donde la condición edáfica es un factor importante para la discusión, indica, que la parcela “B” (Unellez) presentó mayor variabilidad en cuanto al valor de las concentraciones de los parámetros analizados; y en algunos casos, los tratamientos a base de lodo (T2 y T3) manifestaron cambios importantes en la condición final de los suelos, sobre todo en las variables, fósforo, cobre, zinc, manganeso, aunque estos datos no mostraron significancia en el análisis de la varianza.

De acuerdo con esto, los elementos cobre y zinc, presentaron un aumento significativo entre M1 y M2 en su concentración, por ejemplo en la parcela “B”, el cobre se presenta en valores bajo a medio y el zinc en valor medio, mientras que en la parcela “A” el cobre se presenta igual que en la parcela “B” pero el zinc en valores altos (ANEXO C), esta condición podría ejercer efectos negativos sobre el suelo, así que el uso excesivo que se le pueda dar a este potencial biofertilizante puede resultar en un problema de contaminación; habría que evaluar, en el tiempo, el aumento de las concentraciones de estos elementos en otros ensayos.

El cobre y el zinc son fuertemente adsorbidos por la fracción coloidal del suelo, incluyendo óxidos de hierro y pueden pasar a la solución del suelo al ser desplazados por otros cationes y por la solubilización de óxidos de hierro sobre los cuales están adsorbidos (Krauskopf 1972, Lindsay 1972).

Similar comportamiento tuvo el manganeso en las dos parcelas, dado que las concentraciones también aumentaron entre el inicio y final del ensayo. A pesar de que los tratamientos se comportaron de manera similar, en la parcela “A” se observa una pequeña variación entre los tratamientos, siendo los tratamientos T2 y T3 los que presentaron mayores cambios, caso contrario ocurrió en la parcela “B”, donde si se manifiestan cambios significativos ($P < 0,01$ interacción) (Figuras 19 y 20), sin embargo estos se presentan en valores bajos a medios (ANEXO C).

Estos resultados coinciden con el trabajo realizado por Bautista-Zuñiga *et al.* (2000) con el uso de vinaza cruda, donde el elemento zinc y manganeso representan un potencial problema de contaminación en suelo Acrisol.

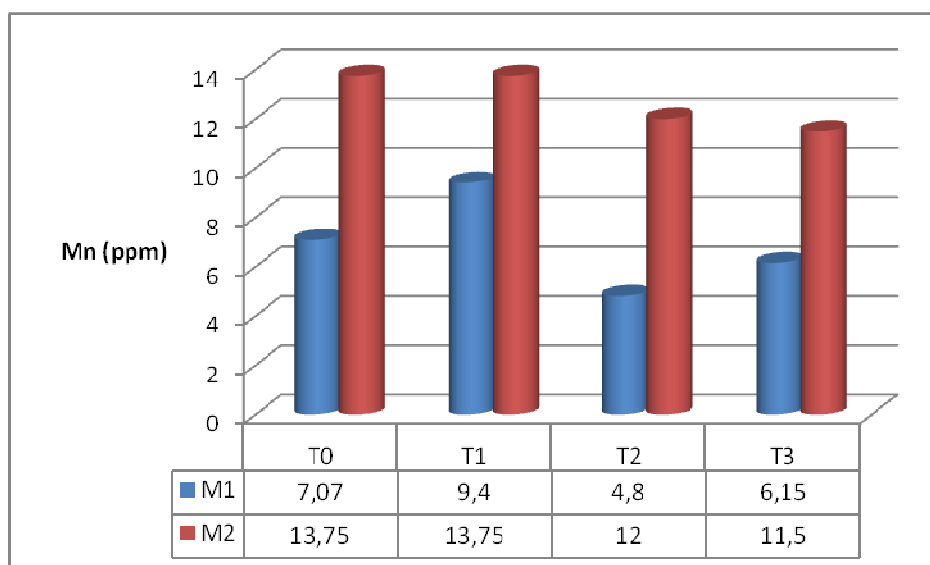


Figura 19. Variación de la concentración de Manganeso (mg.kg^{-1}) al inicio y al final del ensayo en la parcela “B” (Interacción).

Elaboración propia.

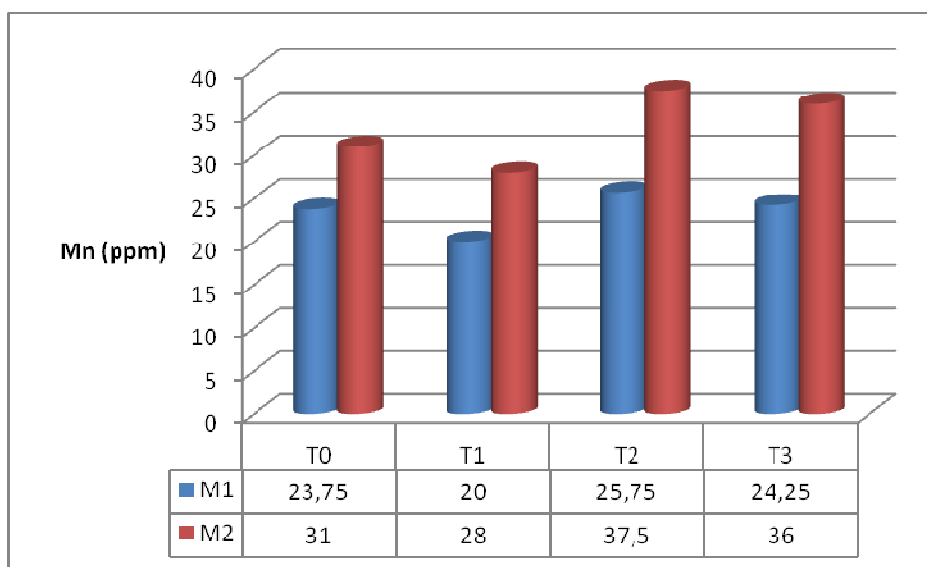


Figura 20. Variación de la concentración de Manganeso (mg.kg^{-1}) al inicio y al final del ensayo en la parcela “A” (Interacción).

Elaboración propia.

Contrariamente, a pesar de que el hierro y el potasio se manifestaron en altas concentraciones en el lodo utilizado, el primero manifestó cambios significativos entre los muestreos ($P < 0,01$) en la parcela “B” (Figura 21), esto puede originarse por la solubilización de óxidos de hierro en el suelo como consecuencia de periodos de saturación con agua por días consecutivos de lluvia. Los óxidos de hierro también pueden inmovilizar al fósforo (Sánchez 1976).

El potasio, a pesar del muy alto contenido (2600 mg.kg^{-1}), no produjo diferencias significativas entre los tratamientos y tampoco entre los muestreos. Es de hacer notar que la presencia de minerales micáceos en el suelo de la parcela “A” y también en la fracción arcilla del suelo en la parcela “B”, pueden haber contribuido a la fijación de este elemento, impidiendo un incremento importante en la forma intercambiable (Tabla 6).

Para los elementos pH, conductividad eléctrica, calcio y magnesio, no se obtuvieron resultados significativos.

Vargas y Briceño (2003) y Arrieche y Mora (2005) en ensayos realizados con lodos de biodigestores y cachaza respectivamente, indicaron que en los tratamientos a los cuales se les incorporaron estos materiales orgánicos, provocaron incrementos importantes en el pH, caso contrario ocurrió en este ensayo, donde no hubo variación, coincidiendo con lo reportado por Subiros y Molina (1992) citado por Hernández *et al.* (2008) para el caso de vinaza y cachaza.

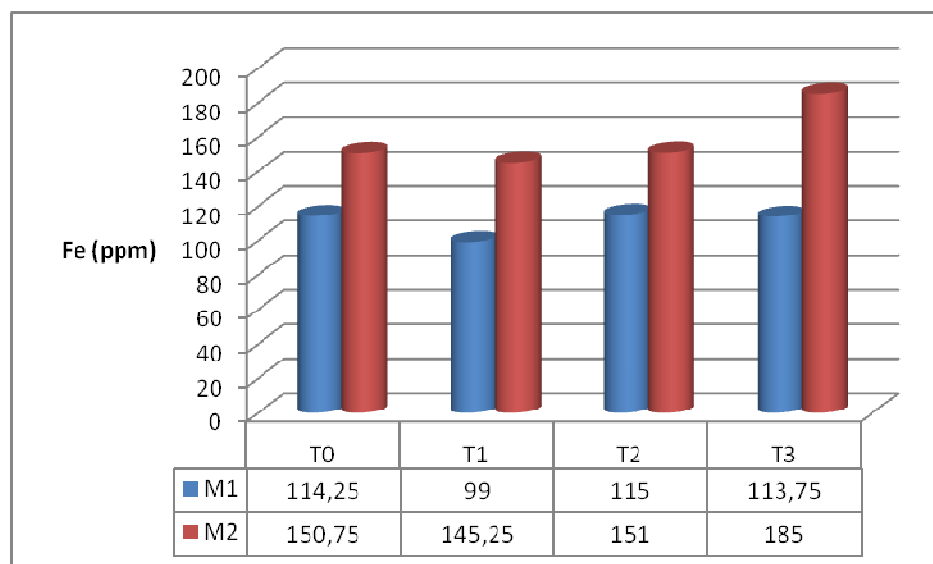


Figura 21. Variación de la concentración de Hierro (mg.kg^{-1}) al inicio y al final del ensayo en la parcela “B” (Interacción).

Elaboración propia.

3.2.2. Sobre el cultivo.

3.2.2.1. Variable biométricas altura de la planta (AP) y diámetro del tallo (DT).

Para la parcela “B” (UNELLEZ), luego de efectuado el análisis estadístico correspondiente y según los resultados en el análisis de la varianza para las variables AP y DT, resultó ser significativo para ambas ($P < 0,01$ y $P < 0,05$) (Tabla 7).

Tabla 7.

Análisis de la varianza para las variable AP y DT (Parcela “B”).

	gl.	Valor de f y significancia	
Factor		AP	DT
Tratamiento	3	51,47 ($P < 0,01$)	22,12 ($P < 0,05$)
Medición	3	1904,04 ($P < 0,01$)	383,19 ($P < 0,01$)
Interacción	9	44,38	6,13
CV%		10,72	8,12

Elaboración propia.

Según la prueba de comparación de medias, el T1 presentó para la variable AP, alturas superiores al resto, mientras que el testigo (T0) fue inferior al T3, en el caso de DT, el T1 fue diferente a los demás tratamientos y entre los demás tratamientos no se manifestaron comportamientos distintos (Tabla 8).

Tabla 8.

Comparación de medias de Tukey al 5% para las variable AP y DT (Parcela “B”).

Tratamiento	Promedio y significancia			
	AP		DT	
0	47,8	c	1,07	b
1	104,97	a	1,63	a
2	58,16	bc	1,06	b
3	71,76	b	1,15	b

Letras distintas indican promedios diferentes.

Elaboración propia.

Según estos resultados, el T3 tiene una influencia positiva en el crecimiento de la planta, aumentando su altura y diámetro cuando se comparan con el testigo (interacción).

En las Figuras 22 y 23, se muestra la variación temporal de AP y DT por tratamiento (Parcela “B”), donde se evidencia que el comportamiento de T3 en la variable AP es superior a T0 y T2 a partir de los 45 días pero siempre inferior al T1. El T1 mostró valores superiores durante todas las mediciones. En cuanto a la variable DT, el T1 mostró diferencias con respecto a los otros tratamientos, el comportamiento entre los demás fue similar. Los valores de todos los tratamientos declinaron al final del ensayo, posiblemente debido a que en esa etapa el cultivo estaba en plena floración y fructificación.

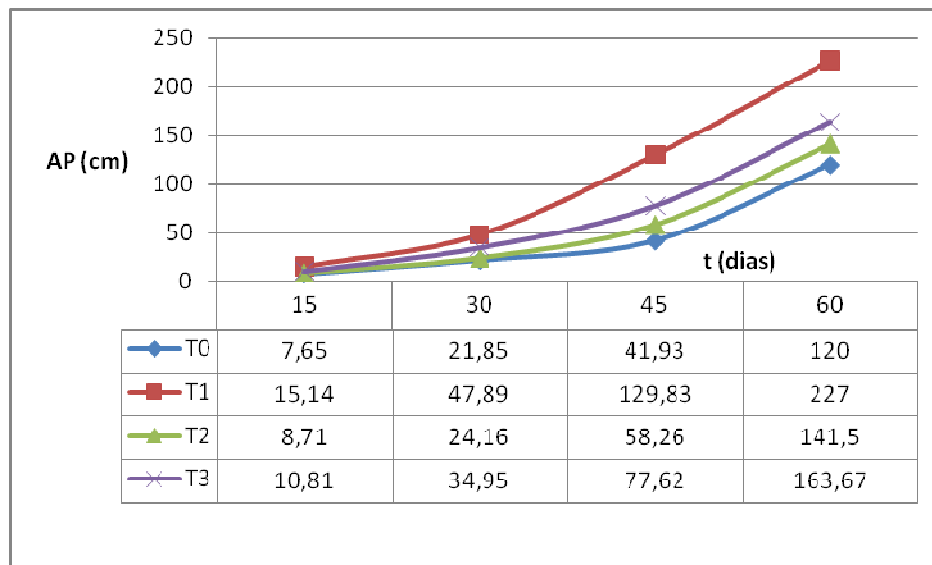


Figura 22. Variación temporal (interacción) de la altura de la planta (AP) por tratamiento (Parcela “B”).

Elaboración propia.

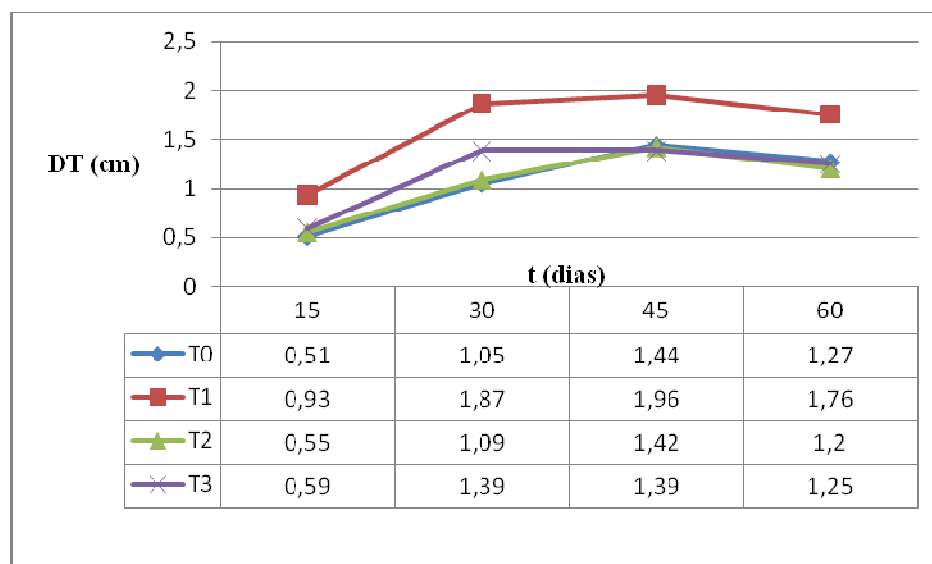


Figura 23. Variación temporal (interacción) del diámetro del tallo (DT) por tratamiento (Parcela “B”).

Elaboración propia.

Para el caso de la parcela “A” (Marfilar), las variables AP y DT se comportaron diferente ($P < 0,05$) (Tabla 9).

Tabla 9.

Análisis de la varianza para las variable AP y DT (Parcela “A”).

Factor	gl.	Valor de f y significancia	
		AP	DT
Tratamiento	3	10,34 ($P < 0,05$)	16,29 ($P < 0,05$)
Medición	3	1188,17 ($P < 0,01$)	296,53 ($P < 0,01$)
Interacción	9	22,27	2,96
CV%		12,91	7,97

Elaboración propia.

Según la prueba de comparación de medias, el T1 presentó alturas superiores al T2, mientras que el testigo (T0) tuvo un comportamiento similar a los otros tratamientos, en el caso de DT, el T1 también presentó valores superiores respecto a los otros tratamientos y entre sí (Tabla 10).

Tabla 10.

Comparación de medias de Tukey al 5%, para las variable AP y DT (Parcela “A”).

Tratamiento	Promedio y significancia	
	AP	DT
0	69,11 ab	1,25 b
1	114,09 a	1,74 a
2	61,12 b	1,26 b
3	67,58 ab	1,15 b

Letras distintas indican promedios diferentes.

Elaboración propia.

Para ilustrar como fue el comportamiento temporal de las variables DT y AP, en las Figuras 24 y 25, se muestra como fue esta variación por tratamiento (Parcela “A”), donde se evidencia que el comportamiento de T1 supera a los demás tratamientos a partir de los 30 días, tanto en la variable AP como el DT; al igual que en la parcela “B” el DT declinó, en todos los tratamientos al final del ensayo.

Los resultados obtenidos, para las variable DT y AP en ambas parcelas, difieren de los resultados demostrados por Matheus (2001, 2004) en ensayos con maíz y el uso de compost y fertilizante químico, de igual manera con los obtenidos por Rivero (1995), con el uso de residuos orgánicos de origen vegetal.

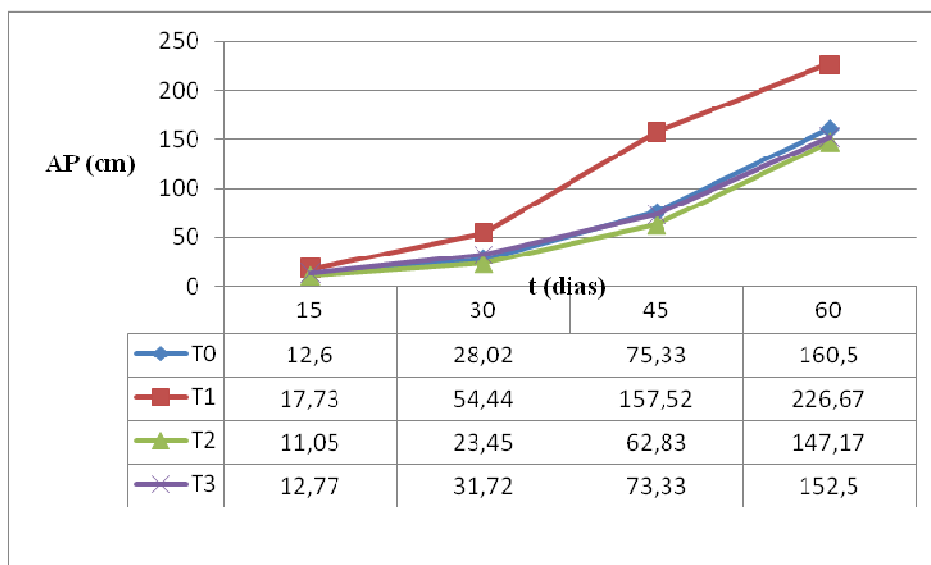


Figura 24. Variación temporal de la altura de la planta (AP) por tratamiento (Parcela "A").

Elaboración propia.

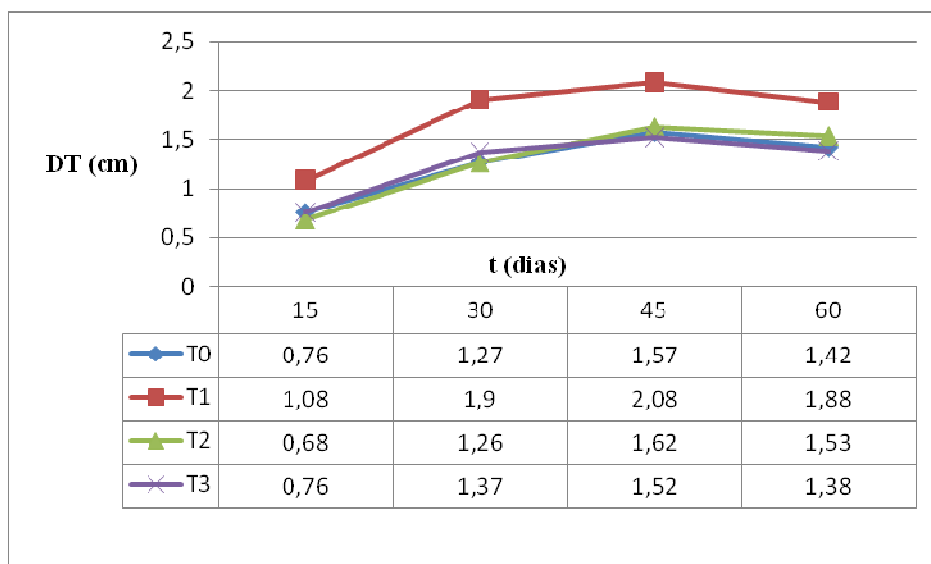


Figura 25. Variación temporal del diámetro del tallo (DT) por tratamiento (Parcela "A").

Elaboración propia.

3.2.2.2. Variable peso seco como medida de la productividad del cultivo.

El peso seco (PS) se consideró como una medida del efecto de los tratamientos sobre la productividad del cultivo (Figura 26), en el caso de la parcela “B”, los resultados del análisis de la varianza fueron significativos ($P < 0,05$), tal y como se muestra en la Tabla 11.

Según la prueba de comparación de medias, el T3 presentó algunas diferencias con respecto a T2 y T1, superando al testigo. Esto nos permite deducir que existe un efecto de los lodos de vinaza sobre la productividad o producción de biomasa del cultivo en la parcela “B” (Tabla 12).

Un comportamiento muy diferente se manifestó en la parcela “A”, ya que según lo reportado en los resultados del análisis de la varianza para PS (Tabla 13), resultó no significativo ($P > 0,05$), se evidenció también que no existen diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 14).

Tabla 11.

Análisis de la varianza de la variable peso seco (PS) en la parcela “B”.

	gl.	Valor de f y significancia
Factor		PS
Tratamiento	3	11,64 (P= 0,03)
CV%		3,64

Elaboración propia.

Tabla 12.

Comparación de medias para la variable PS (Parcela “B”).

Tratamiento	Promedio y significancia
	PS
0	280,25 b
1	301,45 ab
2	332,25 ab
3	339,25 a

Letras distintas indican promedios diferentes.

Elaboración propia.

Tabla 13.

Análisis de la varianza de la variable PS en la parcela “A”.

Factor	gl.	Valor de f y significancia
		PS
Tratamiento	3	3,42 (P= 0,16)
CV%		5,24

Elaboración propia.

Tabla 14.

Comparación de medias para la variable PS (Parcela “A”).

Tratamiento	Promedio y significancia
	PS
0	291,05 a
1	275,70 a
2	324,35 a
3	300,75 a

Letras distintas indican promedios diferentes.

Elaboración propia.

Por otra parte, para demostrar el efecto de inocuidad de lodo utilizado, se realizaron observaciones visuales al momento de la germinación en las parcelas, en ambos ensayos (“A” y “B”), cuyos tratamientos correspondieron al T2 y T3, respectivamente, no se evidenció un efecto negativo de los lodos en la germinación de las semillas, ya que se constató un 85 % de plantas germinadas en la Parcela “A”, la cual fue afectada por aguachinamiento del suelo debido a las intensas precipitaciones en los primeros días de establecido el ensayo, y un 100% Parcela “B”. (Figura 27). No obstante, cualquier efecto negativo del lodo sobre la germinación, al parecer, no tuvo lugar.

Los lodos aplicados en las dosis de 2,5 y 5 kg/m², no tuvieron un efecto negativo sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo sembrado diez días después de la aplicación

Se realizó seguimiento al desarrollo del cultivo, y durante las mediciones de las variables AP y DT, se pudo constatar, que en la parcela “A” y en los tratamientos T0, T2, y T3, en los primeros 30 días, las plantas presentaban manchas amarillas en la hojas, lo que podría evidenciar una falta de nutrimentos, esta deficiencia no se observó para T1 (Figura 28).

Estas manifestaciones, pudieran estar asociadas al bajo contenido de nutrimentos disponibles como nitrógeno en los lodos de vinaza, lo cual sugiere la evaluación del efecto combinado entre estos lodos y fertilizantes químicos sobre el suelo y el cultivo. No obstante, las manifestaciones de franjas de color amarillento entre las nervaduras de la lámina foliar indican una deficiencia del elemento zinc (Ratto y Miguez s/f) (Figura 28), a pesar que los valores, en el suelo, estaban por encima de los niveles críticos (0,5-1 mg.kg⁻¹) que señalan algunos investigadores (Martens y Lindsay 1990; Whitney 1997; Pais y Benton 2000, citados por Ferraris *et al.* s/f) o medios (ANEXO C.). No obstante esta condición cambió al final del ensayo.

Lo anterior sugiere un manejo integral de la fertilización del suelo, sobre la base de que los abonos orgánicos tienden a concentrar poco contenido de minerales y

se necesitan grandes cantidades para suplir la demanda del cultivo, además que liberan lentamente los nutrimentos; contrariamente los fertilizantes químicos, tienen sales solubles, que están disponibles inmediatamente por las plantas, por tanto la fertilización integral representa una alternativa para los sistemas de producción rurales (Matheus 2004).



Figura 26. Aspectos del muestreo y procesamiento para determinar peso seco.



Figura 27. Respuesta del cultivo a los tratamientos en la etapa de germinación.



Figura 28. Condición de las hojas en las parcelas donde se aplicó lodo de vinaza.

CONCLUSIONES.

1. Las características evaluadas en los suelos de las parcela "A" y "B", no evidenciaron cambios significativos entre los tratamientos pero si entre los muestreos.
2. El lodo de vinaza mejoró la productividad del suelo en dosis alta, lo que sugiere una respuesta positiva en suelos con baja fertilidad, mientras que en los suelos con alta fertilidad no ocurrieron cambios sensibles a las dosis aplicadas. La similitud en las respuestas en la parcela "A", están influenciadas por el tipo de suelo desde el punto de vista de su fertilidad, por tanto las dosis aplicadas no fueron suficientes para generar cambios en el comportamiento de las variables químicas evaluadas.
3. Los cambios significativos en nutrimentos disponible y materia orgánica, entre el primer y segundo muestreo, tanto para la parcela "A" como "B", probablemente se originaron debido a la contribución de la descomposición de los residuos de vegetación incorporados al suelo al inicio del ensayo con la labranza y las reacciones que afectan la solubilidad de los elementos durante el período húmedo.
4. Los lodos de vinaza y las concentraciones adecuadas de los elementos potasio, fosforo, calcio, hierro, cobre y zinc, son similares a los reportados por otros autores con otros residuos orgánicos.
5. Los lodos aplicados en las dosis de 2,5 y 5 kg/m², no tuvieron un efecto negativo sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo sembrado diez días después de la aplicación.

RECOMENDACIONES.

1. Evaluar a mediano y largo plazo el efecto de estos lodos sobre los suelos, con la finalidad de darle oportunidad a los procesos de mineralización y liberación de nutrimentos al suelo.
2. Evaluar la influencia de lodos de vinaza en dosis mayores (2 a 5 veces), que provean a los cultivos los elementos necesarios en niveles adecuados para el desarrollo óptimo de los mismos así como la inocuidad en estas dosis.
3. Evaluar las combinaciones de dosis de lodos con otros tipos de biofertilizantes o fertilizantes químicos para comparar los efectos sobre el suelo y el cultivo.
4. Realizar los ensayos con lodos de vinaza y vinaza líquida preferiblemente en suelos con baja fertilidad natural para lograr incrementos significativos en los niveles de nutrimentos en estos suelos.
5. La mayoría de las investigaciones del uso de vinaza como enmienda se han realizado en el cultivo de caña, se sugiere su evaluación en otros cultivos, de esta manera se podría conocer las bondades de este subproducto en un amplio rango de cultivos agrícolas.
6. Debido a que se evidenció la presencia de los elementos como hierro, cobre y zinc, es necesario evaluar la inocuidad de estos lodos con mayor precisión a fin de determinar el efecto sobre el cultivo y sobre el suelo, antes de utilizar este lodo como complemento o enmienda en cultivos.

7. Determinar el contenido total de los elementos químicos contenidos en estos lodos debido a que los métodos utilizados no reflejan la concentración real sino solo la inmediatamente disponible, y no facilita el seguimiento a un probable efecto residual en el tiempo.
8. Realizar ensayos donde se evalúen los cambios en las variables físicas del suelo así como el análisis de costo del uso de los lodos de vinaza como complemento a la fertilización química.

BIBLIOGRAFÍA.

- Alfaro, R. 2000. Evaluación de la vinaza como fertilizante potásico en la caña de azúcar y su efecto sobre las propiedades químicas de un Inceptisol de Atenas, Alajuela. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA).
- Analytical Software, 2008. STATISTIX for Windows Versión 8.0.
- Arana, R. 1990. La vinaza, de contaminante a fertilizante. Agencia Universitaria de Periodismo Científico (AUPEC). Universidad del Valle. Colombia.
- Arrieche, I. y Mora, O. 2005. Efecto de la aplicación de residuos orgánicos sobre el cultivo del maíz en suelos degradados del Estado Yaracuy, Venezuela. *Bioagro*. [online]. Sep. 2005, vol.17, no.3 [citado 07 Marzo 2009], p.155-159. Disponible en la World Wide Web: <<http://www.scielo.org.ve/scielo.php> ISSN 1316-3361.
- Aymard, G. y Cuello, N. 1989. Composición florística presente en el área del futuro Parque Metropolitano “Los Cospes”. Dtto. Guanare. Edo. Portuguesa. Venezuela. Boletín Técnico del Programa R.N.R. N° (9)15: 220-279. Unellez. Venezuela.
- Aymard, G. y Cuello, N. 1999. Composición florística y estructura de los bosques situados en las áreas adyacentes al embalse Boconó-Tucupido. Sectores Quebrada Los Higueros-Cerro Negro, estado Portuguesa. Proyecto Protección de la Biodiversidad en las Sierras altas, piedemontes y Bosque de Planicie. Convenio Unellez-Gobernación de Portuguesa. 34 p.
- Bautista-Zuñiga, F., Durán de Bazua, M y R. Lozano. 2000. Cambios químicos en el suelo por aplicación de materia orgánica soluble tipo vinaza. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* (16)3:89-101. UNAM, México [Revista en línea]. En: <http://redalyc.uaemex.mx>. [Consulta 29 de octubre, 2009]
- Bernal, M., M. Sanchez-Monedero, C. Paredes y A. Roig. 1998. Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 69:175-189.
- Bravo, I. y Giraldo, E. 1998. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la producción de bioabonos y especies menores (peces). Proyecto UNICAUCA-

- PRONATTA. Sistema de Información de Investigación. Universidad del Cauca.
- C&T-Brasil. 1997. Cuestiones ambientales. Convención Sobre el Cambio Climático. s/f.
- Chacón, E. 2001. Manual de manejo de suelos agrícolas. Oficina de estudios edafológicos. Guanare. Versión Preliminar. 48 pp.
- Chacón, E. y Antonucci, F. 2006. Estudio de suelo semi-detallado Destilería El Caimán. Informe de suelos para la Dirección Estatal Ambiental Portuguesa.
- CIMMYT-IBPGR. 1991. Descriptores para maíz. CIMMYT, Roma. pp. 1-27.
- Conil, P. 2008. Manejo de vinazas: Mecanización y Compostaje, Aplicaciones Industriales. Disponible en: <http://www.tecnicana.com>
- COPERSUCAR. 1986. Efeitos da aplicação da vinhaça como fertilizante em cana de açúcar. Boletim Técnico Copersucar. Vol. 7: 9-14.
- Cuello, N., G. Aymard y B. Stergios. 1989. Observaciones sobre la vegetación de un sector de la cuenca media del río portuguesa, estado Portuguesa, Venezuela. Biollania 6: 163-192.
- Datzel, H., K. Biddlestone, K. Gray, y K. Thurairajan. 1991. Manejo del suelo, producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín de suelos. FAO N° 56. Roma. 312 p.
- Ewel y Madriz, 1968. Zonas de vida de Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas.
- Ferraris, G., L. Couretot y J. C. Ponsa. s/f. Respuesta del maíz a la nutrición complementaria con zinc y otros nutrientes sobre semilla o por vía foliar. Proyecto Regional Agrícola. Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Disponible en www.compo.com.ar/notas/maiz_semillas_y_foliar.pdf
- García, D. y Martínez, Y. 2008. Evaluación del compostaje como alternativa de tratamiento para las tierras de desecho provenientes de la industria aceitera. Revista Venesuelos. 16:37-44. [Revista en línea]. En <http://www.avpagro.org.ve>. [Consulta 26 de octubre, 2009].
- Gloria, N.A. DA; Orlando Filho, J. 1983. Aplicacao da vinhaça como fertilizante. Boletim Técnico PLANALSUCAR (Brasil) (5)1:5-38.

- Gómez, J. M. 1996. Efecto de la aplicación de vinaza sobre algunas propiedades de un suelo representativo del área cañera del Valle del río Turbio. Revista Venezuela Azucarera, N° 60. ATAVE, Barquisimeto. Venezuela.
- González, R., Schargel, R. y R. Arnold. 1973. Normas para realizar los estudios de suelos de la División de Edafología del MOP. Caracas. 34 p.
- Granados, F., Lagarde, F. y Fidel M. 1972. Estudio agrológico tipo reconocimiento del estado Portuguesa, distrito Ospino, estado Portuguesa. Centro de investigaciones agronómicas, sección de suelos. Maracay. 266 p.
- Hernández M., G., García, S., David J. Palma López, L. del C. Lagunes, M. Castelán y O. Ruiz. 2008. Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de chiapas, México. Interciencia, 33 (11) 855-860. 2008. [Revista en línea]. En <http://www.scielo.org.ve>. [Consulta 07 de marzo 2009].
- Irisarri, D. 2006. Usos Industriales y Agrícolas de la Vinaza de Caña de Azúcar. Técnicaña 10(17): 19-24. [Revista en línea]. En www.tecnicana.org. [Consulta 26 de octubre, 2009].
- Krauskopf, K.B. 1972. Geochemistry of micronutrients. En: Micronutrients in agriculture. Soil Science Society of America. Madison. 7-40 pp.
- Larreal, M., R. Schargel, E. Salazar, E. Chacón, M. Díaz, A. Jiménez, T. Sánchez y J. Hernández. 1979. Metodología y algunos resultados de los estudios de suelos de las cuencas entre los ríos Guanare y Masparro. MARNR, Guanare. 56 pp.
- Larreal, M. 1991. Influencia de las variables edáficas de siete suelos sobre el rendimiento del maíz en la planicie aluvial del río Guanare, estado Portuguesa. Tesis de Maestría. Universidad Ezequiel Zamora, Guanare. 258 pp.
- Lindsay, W.L. 1972. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. En: Micronutrients in agriculture. Soil Science Society of America. Madison. 41-57 pp.
- Martínez, C., Bravo, I. y Giraldo, E. 2000. Efectos de un fertilizante foliar, formulado a partir de vinaza, sobre el tejido foliar de pompón. Universidad del Cauca, Colombia. 4 pp.
- Matheus, J. 2001. Evaluación agronómica del uso de un biofertilizante en el cultivo del maíz. Tesis de Maestría. Universidad Ezequiel Zamora, Guanare. 135 pp.

- Matheus, J. 2004. Evaluación agronómica del uso del compost de residuos de la industria azucarera en el cultivo del maíz (*Zea maíz* L.). *Bioagro* 16(3): 219-224. [Revista en línea]. En <http://www.scielo.org.ve/scielo>. [Consulta: marzo 10, 2009].
- MARNR, 1983. Inventario Nacional de Tierras.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPA), 2009. Información climática de la Estación Mesa de Cavacas.
- Martens, D.C. y W.L. Lindsay. 1990. Testing soils for Copper, Iron, Manganese, and Zinc. En: R.L. Westerman (ed.) *Soil testing and plant analysis*. SSSA, Madison, pp. 229-264.
- Nunes, M., J. Leal y A. Velloso. 1981. Efeito da vinhaça na lixiviação de nutrientes do solo. Potássio e Magnésio. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. Vol. 17:371-374.
- Obregón, J. 2008. Vinazas de sustratos fermentados y destilados de caña de azúcar: estado del arte de utilizations. Disponible en www.monografias.com/trabajos [Consulta: 26 de octubre, 2009]
- Oficina Edafológica de Occidente. 1968. Estudio agrologico y de clasificación de tierras para riego detallado Sistema de Riego río Guanare, estado Portuguesa. División de edafología, Ministerio de Obras Públicas. 97 pp.
- Orlando, F. y E. Leme. 1984. Utilização agrícola dos resíduos da agroindústria canavieira. *In: Simposio sobre Fertilizantes na Agricultura Brasileira*. Brasilia (Brasil). p 451 -475.
- Pais, I, J. Benton Jones. 2000. *The handbook of trace elements*. St. Lucie Press, Boca Raton, 223 p.
- Quintero, R., S. Cadena y C. Briceño. 2006. Proyectos de investigación sobre uso y manejo de vinazas. Disponible en www.cengicana.org/Portal/SubOtrasAreas/Etanol. [Consulta: 26 de octubre, 2009].
- Ratto, S. y F. Míguez. s/f. Zinc en el cultivo del maíz, deficiencia de oportunidad. Facultad de Ciencias Agrarias UCA. *Informaciones Agronómica* 63(1):14-16. Argentina. Disponible en www.ipni.net. [Consulta: 26 de octubre 2009].
- Rivero, C. 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades de un alfisol degradado. *Revista VENESUELOS Depósito Legal DLPP92-0468*. 3(2):55-61.

- Rodríguez, M. y M. Chávez. 2003. Estudio del efecto químico de la vinaza sobre un vertisol. *Cultivos tropicales* 23(3):67-71. [Revista en línea]. En www.inca.edu.cu/otras_web/revista/pdf/2003/3/CT24302.pdf. [Consulta: marzo 10, 2009].
- Sánchez, P. 1976. *Properties and management of soil in the tropics*. John Wiley and Sons. New York. 618 pp.
- Sánchez, R. J. 1992. Estudio de suelos semidetallado proyecto Guanare – Masparro sector Libertad estado Barinas. Serie de informes técnicos Zona 8/IT/303 Guanare. 141 pp. Escala 1:50.000.
- Sarría, P. y T. Preston. 1992. Reemplazo parcial del jugo de caña con vinaza y el uso de grano de soya a cambio de torta en dietas de cerdos de engorde. *Livestock Research for Rural Development*. Volúmen 4, N° 1.
- Soil Survey Staff. 1993. *Soil Survey Manual U.S.* Department of Agriculture. Washington. 437 pp.
- Soil Survey Staff. 2006. *Claves para la taxonomía de suelos*. Décima edición. U.S. Department of Agriculture. Washington. 331 pp.
- Stergios, B., J. Comiskey, F. Dallmeier, A. Licata & M. Niño. 1998. Species diversity, spatial distribution and structural aspects on semi-deciduous lowland gallery forest in the Western Llanos of Venezuela. . In *Forest Biodiversity in North, Central and South America and the Caribbean (Research and Monitoring)*. (F Dallmeier & J.A. Comiskey Eds.) *Man and Biosphere Series Vol. 21, Chapter 23: 449-479*.
- Strebin, S. y A. Navarro. 1991. Actualización del estudio de capacidad de uso de las tierras del estado Portuguesa. Serie de informes técnicos DGSICAV/IT/317. MARNR, Guanare. 44 pp.
- Vargas, M. y K. Briceño. 2003. Efectos de la incorporación de desechos agrícolas biodegradados sobre algunas características químicas de un alfisol del piedemonte andino. *Rev. Unell. Cienc. y Tec.* 21:124-137. 2003.
- Veiga, A. 2001. Evaluación de variables taxonómicas y morfopedogenéticas en suelos de la estación experimental Marfilar. Tesis de Maestría. Universidad Ezequiel Zamora. Guanare. 104 pp.
- Whitney, D.A. 1997. Fertilization. En: *Soybean production handbook*. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, C-449.



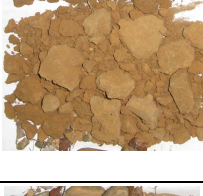




Zérega, L. 1993. Manejo y uso agronómico de la cachaza en suelos cañameleros. [revista online]. Caña de Azúcar, Vol. 11 N° 2. 1993. [citado 07 Marzo 2009]. Disponible en World Wide Web: <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/cañadeazucar/>

Zérega ML, Echner E, Hernández T, Arrieche A, Franco L. 2006. Efecto de la vinaza y la fertilización química sobre el suelo y tres variedades de caña de azúcar en Venezuela. *VI Cong. Asoc. de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe (ATALAC)*. Guayaquil, Ecuador. Vol. 1. 249-261 pp.

ANEXOS.




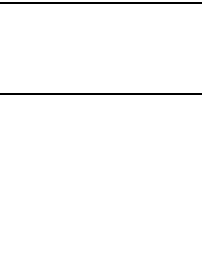
ANEXO A. DESCRIPCION DEL PERFIL DEL SUELO.

Suelo “B”, Potreros UNELLEZ (UTM 1002815 N, 411832 E). Terraza del Pleistoceno; pendiente <4 %; bien drenado. Typic Haplustults francosa-fina mixta, isohipertérmica (Orden Ultisoles).

Parcela	Profundidad (cm)	Descripción	Referencia
“B” (Potreros Unellez)	0-12	Franco arcillo arenoso; marrón amarillento oscuro en húmedo (10YR 3/4); estructura blocosa, moderada; fina; consistencia ligeramente dura en seco; friable en húmedo; débilmente adhesiva y débilmente plástica en mojado; raíces frecuentes; limite claro y plano.	
	12-24	Franco arcillo arenoso; marrón fuerte (7,5YR 4/6), moteado marrón (7,5 YR 4/3) 20%; estructura blocosa, débil, media; consistencia dura en seco, friable; adhesiva y plástica en mojado; raíces frecuentes; pocos nódulos de óxidos de hierro, <5mm; limite gradual y plano.	
	24-43	Franco arcillo arenoso; marrón fuerte (7,5YR 4/6) en húmedo; estructura blocosa, moderada, media; consistencia dura en seco, friable; adhesiva y plástica en mojado; raíces frecuentes; limite abrupto y ondulado.	
	43-49	No estructurado, lente de grava.	
	49-80	Franco arcilloso; marrón fuerte (7,5YR 5/6) en húmedo; estructura blocosa, moderada, media; consistencia muy dura en seco, firme; adhesiva y plástica en mojado; raíces frecuentes; pocos nódulos de óxidos de hierro, <5mm; limite gradual y ondulado.	
	80-110	Franco arcillo arenoso; rojo amarillento (5YR 5/6) en húmedo; estructura blocosa, moderada, media; consistencia muy dura en seco, firme; adhesiva y plástica en mojado; raíces frecuentes; limite abrupto y ondulado.	
	>110	No estructurado, gravas con material fino	

Fuente: Propia, 2009.

Suelo “A”, Marfilar (UTM 989977 N, 420772 E). Llanura aluvial reciente, napa de desborde, pendiente < 1%, moderadamente bien drenado Fluventic Haplustepts fina, mixta, isohipertérmica (Orden Inceptisoles).

Parcela	Profundidad (cm)	Descripción	Referencia
“A” (Marfilar)	0-15	Franco arcillo limoso, marrón grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2), estructura blocosa, moderada, débil; consistencia dura en seco y friable en húmedo; adhesiva y plástica en mojado; raíces y actividad biológica abundante; limite claro y plano.	
	15-35	Arcillo limoso; marrón oscuro (10YR 3,5/3); estructura blocosa, moderada, débil; consistencia muy dura en seco, firme en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo en mojado; pocas raíces; frecuente presencia de micas; limite claro y plano.	
	35-50	Arcillo limoso; marrón amarillento oscuro (10YR 4,5/4), manchas marron, 10%, tenue (10YR 4,5/3); estructura blocosa, moderada, débil; consistencia muy dura en seco, firme en húmedo, plástico y adhesivo en mojado; muy pocas raíces; frecuente presencia de micas; limite gradual y plano.	
	50-92	Arcillo limoso; marrón amarillento oscuro (10YR 4/4), manchas marron, 10%, tenue (10YR 4/3); estructura blocosa, moderada, débil; consistencia muy dura en seco, firme, plástico y adhesivo en húmedo; muy pocas raíces; frecuente presencia de micas; limite gradual y plano.	
	92-110	Franco; marrón (10YR 4/3), manchas marron grisáceo oscuro, 10%, tenue (10YR 4/2); no estructurado; sin consistencia en seco, friable en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo en mojado; muy pocas raíces; abundante presencia de micas; limite gradual y plano.	
	>100	Presencia de granzón de 100-120 cm de profundidad y mica abundante en todo el perfil.	

Fuente: Propia, 2009.

ANEXO B. RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE SUELOS.

**ANEXO C. TABLA DE INTERPRETACION DE RESULTADOS DE
ANALISIS DE SUELO DE EDAFOFINCA C.A.**