

## EVALUACIÓN DE LODOS DE VINAZA COMO BIOFERTILIZANTE EN DOS TIPOS DE SUELO\*

### Evaluation of stillage-sludges as bio-fertilizers in two soil types

José A. Farreras<sup>1</sup> y Carlos E. Párraga<sup>1</sup>

#### RESUMEN

Con el objeto de evaluar el efecto de lodos de vinaza en dos tipos de suelo cultivados con maíz, se llevó a cabo un experimento localizado en la estación experimental Marfilar (Parcela "A") y en las unidades de producción de la UNELLEZ-Guanare (Parcela "B"). Se estableció un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, cuatro tratamientos y dos subparcelas por tratamiento (T0: sin aplicación de fertilizante, T1: fertilizante químico (10-20-20, 35 g/m<sup>2</sup>) y reabono (urea, 20 g/m<sup>2</sup>), T2: lodo de vinaza en dosis de 2,5 kg/m<sup>2</sup> y T3: lodo en dosis de 5 kg/m<sup>2</sup>). Se midieron propiedades químicas en los suelos, altura de planta (AP) y diámetro del tallo (DT) en maíz. El suelo en la parcela "A" se clasificó como un Inceptisol y en la "B", como Ultisol. No hubo diferencias significativas (P>0,05) en las propiedades químicas del suelo debido a la aplicación de lodos de vinaza al final del ensayo; sin embargo, se evidenciaron diferencias en la concentración de nutrimentos entre el inicio y final del ensayo en cada parcela. Para las variables biométricas, en la parcela "B" hubo diferencias significativas (P<0,05), la aplicación de lodos de vinaza en dosis de 2,5 y 5 kg/m<sup>2</sup> generó mayores valores de AP (58,16 y 71,76 cm) que el testigo (47,8 cm) y menores que con fertilizante químico (104,97 cm). DT fue mayor (P<0,05) con la aplicación de fertilizante químico. En la Parcela "A", DT y AP fue mayor con la aplicación de fertilizante químico (1,74 y 114,09 cm). La aplicación de lodo de vinaza parece tener efecto favorable para el cultivo sembrado sobre el suelo ultisol con fertilidad natural muy baja.

**Palabras clave:** maíz, abonos orgánicos, Llanos occidentales, Portuguesa, Venezuela.

#### ABSTRACT

In order to evaluate the effect of stillage-sludges in two types of soil cultivated with maize, an experiment was conducted at the experimental station located at Marfilar (Parcel "A") and in the production units of the UNELLEZ-Guanare (Parcel "B"). A randomized block design with two replications was used, with four treatments and two subplots per treatment (T0: no application of fertilizer, T1: chemical fertilizer (10-20-20, 35 g/m<sup>2</sup> and urea, 20 g/m<sup>2</sup>), T2: stillage-sludges in doses of 2.5 kg/m<sup>2</sup> and T3: sludge in doses of 5 kg/m<sup>2</sup>). Were measured soil chemical properties, plant height (AP) and stem diameter (DT) in corn. The soil in the plot "A" was classified as Inceptisol and the one in "B" as Ultisol. There were no significant difference (P> 0.05) in the chemical properties of the soil due to the application of stillage-sludge at the end of the trial; however, there were differences in nutrient concentration between the start and end of the trial in each plot. There were significant differences (P <0.05) for biometric variables in the plot "B", the stillage-sludge application at doses of 2.5 and 5 kg/m<sup>2</sup> generated higher AP values (58.16 and 71.76 cm) than the control (47.8 cm) and lower than with chemical fertilizer (104.97 cm). DT was higher (P <0.05) with the application of chemical fertilizer. In the Parcel "A", DT and AP was higher with the application of chemical fertilizer (1.74 and 114.09 cm). Stillage-sludge application appears to have favorable effect on the crop grown on Ultisol with low natural fertility.

**Key words:** maize, organic fertilizers, western plains, Portuguesa, Venezuela.

(\*) Recibido: 15-02-2012

Aceptado: 21-03-2013

<sup>1</sup> Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. Email: farreras3022@gmail.com.

## INTRODUCCIÓN

En el estado Portuguesa, existen centrales que procesan caña de azúcar para producción de azúcar, y actualmente se están llevando a cabo proyectos relacionados con producción de biocombustibles como etanol, esto conlleva una serie de procesos industriales que generan salidas ambientales potencialmente contaminantes; una de ellas es la vinaza. La vinaza es depositada en lagunas, en algunos casos, con un tratamiento previo, se utiliza para regar los campos de caña, pero la que no se usa se mantiene en estas lagunas. Al sedimentar forma lodo que queda en el fondo mezclado con el suelo, el cual representa un potencial riesgo para el ambiente (Bautista-Zúñiga *et al.* 2000; Irrisari 2006).

La vinaza líquida es ampliamente usada para fertirriego, aplicada concentrada o diluida. Varios trabajos sobre este tópico han demostrado su eficiencia en el mejoramiento de la fertilidad y de las condiciones físicas de algunos suelos (César *et al.* citado por Gómez 1995; Zérega 1993; Zérega *et al.* 2006), ya que contiene grandes cantidades de materia orgánica, potasio, azufre, magnesio, nitrógeno y calcio, aunque varía de acuerdo con el origen de la vinaza (Gloria y Filho 1983).

Estudios sobre el potencial de lodos de vinaza como abono orgánico en estado sólido, no se han realizado, la investigación sistemática sobre el uso de abonos orgánicos de origen anaerobio, aplicados en forma líquida, sólida o semisólida, tiene escasa referencia en el país (Vargas y Briceño 2003).

El uso del compost y la cachaza como biofertilizante ha sido uno de los abonos orgánicos más investigado. Matheus (2001; 2004) realizó ensayos con el uso de compost como biofertilizante en el cultivo de maíz, concluyó que la combinación de fertilizantes químicos con orgánicos tiene efecto positivo en el rendimiento del cultivo de maíz, indicó además que el contenido de fósforo y bases intercambiables en el suelo fueron favorecidos. Por otra parte, Arriechi y Mora (2005) evaluaron los efectos de residuos orgánicos en suelos maiceros, encontraron que la cachaza produjo aumento en rendimiento del cultivo y concluyeron que

constituye un buen suplidor de materia orgánica en suelos Alfisoles.

Por lo tanto, si la vinaza líquida se usa como fertirriego y mejora algunos parámetros físicos y químicos de los suelos, eventualmente estos residuos sólidos o lodos de vinaza, podrían complementar la fertilización química o representar un problema potencial como contaminante de los suelos.

El objetivo fue evaluar el uso de los lodos de vinaza como biofertilizante para determinar su efecto sobre la fertilidad de los suelos y algunas variables biométricas del cultivo de maíz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en dos unidades o parcelas experimentales. La parcela "A", localizada en la unidad experimental Marfilar y la "B" en las Unidades de producción de la Universidad Nacional Experimental Ezequiel Zamora (UNELLEZ-Campus universitario), 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, se ubica aproximadamente a 30 km de la ciudad de Guanare, carretera vieja hacia Acarigua cerca del caserío las Cocuizas y el distribuidor Avispero.

El ensayo se realizó durante 60 días en el periodo de lluvias (junio-octubre, 2009). Se estableció un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, cuatro tratamientos y dos subparcelas por tratamiento. Los tratamientos se definieron de la siguiente manera: T0 = Testigo; T1 = aplicación de fertilizante químico (10-20-20, 35 g/m<sup>2</sup>) y reabono (urea, 20 g/m<sup>2</sup>); T2 = lodo en dosis de 2,5 kg/m<sup>2</sup> y T3 = lodo en dosis de 5 kg/m<sup>2</sup>.

### Caracterización de los suelos y lodos de vinaza.

Se realizó siguiendo la metodología propuesta por Soil Survey Staff (1993; 2006)

- **Suelo:** se tomaron dos (02) muestras (0-20 cm), en cada subparcela por tratamiento,

una al inicio del ensayo, antes de la aplicación de lodos de vinaza y otro a los sesenta días, al final del experimento (n=64).

- **Lodos de vinaza:** se obtuvieron muestras directamente de las lagunas, fueron depositadas en sacos y se secaron al aire libre. Se realizó análisis de rutina reforzada para determinar nutrientes disponibles.

Las variables evaluadas fueron: pH, acidez (extraída con KCL), materia orgánica (Walkley y Black 1934), fósforo disponible (Olsen *et al.* 1954), potasio y sodio intercambiable (Extracción con acetato de amonio 1N a pH 7, lectura por fotometría de llama), calcio y magnesio intercambiable (Extracción con acetato de amonio 1N a pH 7 (lectura por absorción atómica) y aluminio intercambiable (KCl 1N) (Manual de análisis de suelo del MARNR 1983).

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis y Procesamiento de Suelos y Calidad de Agua de la UNELLEZ-Guanare (Registro MARN 09-001).

#### Cultivo indicador o de referencia.

Se sembró híbrido de maíz Decalk 325 en cinco hileras de 10 metros con cinco (05) plantas por metro lineal, la separación entre hileras fue entre 60 y 70 cm, para una densidad de siembra de 8 plantas/m<sup>2</sup>, que generó 200 plantas en cada sub-parcela. La siembra se realizó 10 días después de aplicar los fertilizantes. Se sembraron de dos a tres semillas por hoyo.

#### Variabes biométricas.

Las variables biométricas o descriptores evaluados (CIMMYT-IBPGR1991) fueron: altura de la planta (AP), diámetro del tallo (DT). Se realizaron cuatro mediciones para obtener una media al final del ensayo.

#### Análisis de los datos.

Para las propiedades químicas del suelo y las variables biométricas DT y AP, se aplicó un

análisis de la varianza para cada localidad y la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para detectar diferencias entre promedios por tratamiento. Por otro lado, para las diferencias entre los muestreos, se aplicó la prueba de t de Student para muestras pareadas al inicio y final del experimento. Se utilizó el paquete estadístico STATISTIX para Windows Versión 8.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis químico de los parámetros evaluados para los lodos de vinaza se reflejan en la Tabla 1. Estos resultados coinciden con los reportados para la vinaza líquida (Gloria y Filho 1983; Martínez *et al.* 2001).

**Tabla 1.** Propiedades químicas del lodo de vinaza.

Parámetro	Unidad	Valor
pH		4
Materia orgánica	%	3,53
Nitrógeno	%	1,32
Fosforo disponible	mg.kg <sup>-1</sup>	10
Potasio disponible	mg.kg <sup>-1</sup>	2600
Calcio disponible	mg.kg <sup>-1</sup>	300
Magnesio disponible	mg.kg <sup>-1</sup>	65
Hierro	mg.kg <sup>-1</sup>	466
Manganeso	mg.kg <sup>-1</sup>	81
Cobre	mg.kg <sup>-1</sup>	28
Zinc	mg.kg <sup>-1</sup>	80

Es posible observar que la vinaza representa un aporte importante de nutrientes cuando es aplicada al suelo, ya que contiene gran cantidad de potasio, magnesio e hierro. Sin embargo, al aplicarla en grandes cantidades puede afectar las condiciones químicas del suelo. Bautista-Zúñiga *et al.* (2000) reportaron que la aplicación de vinaza líquida o cruda provoca riesgo de salinización y aumento de la concentración de Mn y Zn; por otra parte, Girón (2008) concluyó que la aplicación de vinaza elevó los valores de los metales pesados como Cu y Zn, que no llegaron a sobrepasar los límites permisibles, según la legislación colombiana.

#### Parcela "A":

El suelo de la parcela "A" se clasificó a nivel de familia como Fluventic Haplustepts fina, mixta, isohipertérmica (Orden Inceptisoles), descripción similar a la realizada por Veiga (2001).

**Tabla 2.** Efecto de la fertilización sobre propiedades químicas del suelo (Parcela A).

tratamiento	Ca (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	K (mg.kg <sup>-1</sup> )	MO (%)	Mg (mg.kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	P (mg.kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	pH
0	1308,4 a	0,97 a	71,87 a	74,37 a	1,99 a	231,00 a	27,37 a	22,50 a	6,62 a	6,27 a
1	1115,3 a	1,50 a	86,37 a	81,30 a	1,79 a	233,75 a	24,00 a	19,12 a	6,00 a	5,97 a
2	1417,8 a	1,20 a	65,75 a	84,37 a	2,03 a	234,63 a	31,62 a	21,25 a	7,50 a	6,32 a
3	1275,1 a	1,52 a	69,37 a	68,12 a	1,89 a	241,00 a	30,12 a	16,25 a	7,37 a	6,12 a

Letras distintas en la misma columna indican promedios diferentes (P<0,05)

**Tabla 3.** Propiedades químicas en el suelo al inicio y final del ensayo (Parcela A).

Parámetro	inicio	final	Valor t (Student)	Significancia
pH	6,2	6,1	1,69	(P>0,05) NS
MO (%)	1,8	2,1	-3,86	(P<0,01) **
P (mg.kg <sup>-1</sup> )	17	23	-6,68	(P<0,01) **
K (mg.kg <sup>-1</sup> )	78	75	0,41	(P>0,05) NS
Ca (mg.kg <sup>-1</sup> )	1189	1355	-3,06	(P<0,01) **
Mg (mg.kg <sup>-1</sup> )	231	239	-1,3	(P>0,05) NS
Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	66	82	-2,84	(P<0,01) **
Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	23	33	-4,78	(P<0,01) **

El análisis estadístico indica que no hubo diferencias (P>0,05) en propiedades químicas del suelo al final del ensayo debido a la aplicación de lodos de vinaza entre tratamientos en la parcela A (Tabla 2).

Algunos valores para propiedades químicas de los suelos aumentaron o disminuyeron, aunque fueron estadísticamente similares (Tabla 2). Debido a que el suelo en esta parcela es un Inceptisol y presenta buena fertilidad natural, las diferencias que se pudieron manifestar no fueron tan evidentes como para causar cambios importantes.

Los niveles altos de nutrientes iniciales en la parcela "A" pueden generar diferencias menos palpables entre tratamientos; sin embargo, cuando se consideran promedios de todos los tratamientos, se observan diferencias significativas (P<0,01) (Tabla 3) entre muestreos para contenido de materia orgánica, P, Ca, MO, Fe y Mn, lo que indica un efecto de la aplicación de lodos de vinaza, que se manifiesta en aumentos de estos valores al final del ensayo.

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

Según la tabla de interpretación de análisis químico de suelos de Edafofinca C.A. (2009), estos valores se encuentran en niveles de bajo a medio.

En cuanto a las variables biométricas (Tabla 4), en la parcela "A", se detectaron diferencias significativas (P<0,05) para AP y DT, las plantas que recibieron aplicación de fertilizante químico presentaron altura superior a las que recibieron 2,5 kg/m<sup>2</sup> de lodo. Para DT, se observa que T1 fue superior (P<0,05), mientras que para los otros tratamientos se comportaron de manera similar.

**Tabla 4.** Efecto de la aplicación de lodos sobre la altura de la planta y diámetro de tallo (Parcela A).

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

Letras distintas en la misma columna indican promedios diferentes (P<0,05)

El efecto de la aplicación de lodos de vinaza en la parcela A no se manifestó en las variables biométricas del maíz, se evidencia que el fertilizante químico ejerció un efecto positivo en el crecimiento del cultivo, posiblemente la dosis aplicada de lodos no fue suficiente para generar cambios significativos en las variables biométricas evaluadas.

**Parcela “B”:**

El suelo se clasificó como Typic Haplustultsfrancosa fina mixta, isohipertérmica (Orden Ultisoles).

En la Tabla 5 se evidencia que no se encontró efecto significativo ( $P > 0,05$ ) de la aplicación de los lodos de vinaza sobre la composición química del suelo al final del ensayo, a pesar de que en este caso, a diferencia de la parcela A, presentó baja concentración inicial de algunos elementos.

Según la tabla de interpretación de análisis químico de suelos de Edafofinca C.A. (2009) estos valores se encuentran en niveles de bajo a medio.

Esta baja concentración de nutrientes en la parcela B se debe a que estos suelos presentan evidencias de lavado de minerales, un ejemplo claro es la concentración de P ya que en suelos ácidos se inmovilizan muy fácilmente (López *et al.* 2006).

Por otra parte, la diferencia en la concentración de los elementos, entre muestreos, fue más perceptible en la parcela “B” (Tabla 6), posiblemente debido a que los suelos ultisoles se caracterizan por ser más evolucionados y pobres en nutrientes.

Esta variación al final del experimento se manifestó en la concentración de materia orgánica, Fe, y Mn, los cuales presentaron valores mayores

( $P < 0,01$ ) debido a la aplicación de lodos (Tabla 6). De igual manera, para Ca y P hubo un incremento significativo ( $P < 0,05$ ). Sin embargo, se pudo observar que a pesar de que el contenido de potasio en el lodo de vinaza es alto, su aplicación no causó cambios significativos en el suelo, quizás debido a que el potasio contenido en el lodo de vinaza es del tipo no intercambiable, por lo tanto es adsorbido con tal tenacidad que no es fácilmente liberado o sucede muy lentamente (Casanova 1994).

Según Gómez (1995), en los primeros 20 cm del suelo, la aplicación de vinaza líquida incrementó significativamente el contenido de potasio intercambiable y éste se incrementó en el tiempo por aplicaciones sucesivas. Esto indica que posiblemente la dosis de lodos aplicados en el ensayo no fue suficiente para generar cambios en la composición química del suelo estudiado.

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

Hernández *et al.* (2008) ratificaron el factor tiempo como una variable importante para favorecer la mineralización de los abonos orgánicos e informaron que la mezcla de cachaza y

**Tabla 5.** Efecto de la fertilización sobre propiedades químicas del suelo (Parcela B).

Tratamiento	Ca (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	K (mg.kg <sup>-1</sup> )	MO (%)	Mg (mg.kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	P (mg.kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	pH
0	327,13 a	0,84 a	122,1 a	16,87 a	1,25 a	45,25 a	10,41 a	1,31 a	2,50 a	5,01 a
1	291,88 a	0,81 a	132,5 a	18,75 a	1,45 a	52,37 a	11,57 a	2,25 a	1,87 a	4,95 a
2	248,12 a	0,70 a	13,0 a	16,87 a	1,08 a	31,5 a	8,4 a	4,18 a	1,87 a	4,77 a
3	218,13 a	1,09 a	149,38 a	20,62 a	1,35 a	34,0 a	8,82 a	1,81 a	2,25 a	4,88 a

Letras distintas en la misma columna indican promedios diferentes ( $P < 0,05$ )

**Tabla 6.** Propiedades químicas en el suelo al inicio y final del ensayo (Parcela B).

Parámetro	Promedio inicial	Promedio final	Valor t (Student)	Significancia
pH	4,8	5,0	-2,47	( $P < 0,05$ ) *
MO (%)	1,0	1,5	-6,94	( $P < 0,01$ ) **
P (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,8	3,8	-2,71	( $P < 0,05$ ) *
K (mg.kg <sup>-1</sup> )	20	18	1,45	( $P > 0,05$ ) NS
Ca (mg.kg <sup>-1</sup> )	250	316	-2,27	( $P < 0,05$ ) *
Mg (mg.kg <sup>-1</sup> )	37	44	-1,01	( $P > 0,05$ ) NS
Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	111	158	-4,55	( $P < 0,01$ ) **
Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	6,8	12,8	-6,05	( $P < 0,01$ ) **

vinaza no afectó el pH, la conductividad eléctrica ni la capacidad de intercambio catiónico; mientras que los niveles de materia orgánica, fósforo y potasio fueron afectados.

Los cambios en la concentración de Ca, Fe, MO y Mn sugieren que posiblemente estos elementos se encontraban en los lodos en buenas cantidades y que rápidamente se mineralizaron y pasaron a la fracción del suelo inmediatamente disponible, los cuales aportaron de manera importante a la nutrición mineral del suelo tipo ultisol. Sin embargo, el aumento de la concentración de MO también pudo originarse por la descomposición de la materia orgánica dejada en las parcelas al inicio del ensayo.

En cuanto a las variables biométricas (Tabla 7), el análisis de la varianza detectó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) para la altura de la planta y diámetro del tallo, la aplicación de fertilizante químico causó que AP y DT fueran superiores al restos de los tratamientos.

**Tabla 7.** Efecto de la aplicación de lodos sobre la altura de la planta y diámetro de tallo (Parcela B).

Tratamiento	AP	DT
0	47,80c	1,07b
1	104,97a	1,63a
2	58,16bc	1,06b
3	71,76b	1,15b

Letras distintas en la misma columna indican promedios diferentes ( $P < 0,05$ ).

Según estos resultados, la aplicación de lodos de vinaza podría ejercer una influencia positiva en el crecimiento de la planta especialmente cuando se usa la dosis mayor, si se comparan con el testigo.

No se han realizado estudios sobre la influencia de lodos de vinaza sobre las características biométricas del maíz. Se puede destacar que Matheus (2001; 2004) en ensayos con uso de compost en maíz y Rivero (1995) con residuos orgánicos de origen vegetal, encontraron que no hubo efecto sobre variables biométricas, resultados diferentes a los obtenidos en esta investigación en ambas parcelas. Sin embargo, Uribe *et al.* (2007) destacó que la altura de planta en maíz fue similar cuando se aplicó biofertilizante o fertilizante químico en un suelo alfisol.

## CONCLUSIONES

La composición química no evidenció diferencias entre tratamientos 60 días después de la aplicación de lodos de vinaza en ambos tipos de suelo.

La aplicación de lodos de vinaza en dosis alta contribuyó a aumentar la concentración de MO, Ca, P, Mn y Fe entre muestreos, sobre todo en el suelo de baja fertilidad, por lo que se sugiere evaluar aplicaciones mayores en este tipo de suelo.

La aplicación de lodos de vinaza mejoró la altura de la planta con respecto al testigo en el suelo con baja fertilidad natural.

## REFERENCIAS

- 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* 17(3):155-159.
- Bautista-Zúñiga, F., Durán de Bazua, M. y Lozano, R. 2000. Cambios químicos en el suelo por aplicación de materia orgánica soluble tipo vinaza. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 16(3):89-101.
- Casanova, E. 1994. Introducción a la ciencia del suelo. UCV. Caracas. 379 p.
- CIMMYT-IBPGR. 1991. Descriptores para maíz. CIMMYT, Roma. pp. 1-27.
- Datzel, H., Biddlestone, K., Gray, K. y Thurairajan, K. 1991. Manejo del suelo, producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. *Boletín de suelos*. FAO N° 56. Roma. 312 p.
- Edafofinca. 2009. Tabla de interpretación de análisis de suelo. Laboratorio de suelos, aguas, abonos y foliares. Cagua, estado Aragua.
- Girón, M. 2008. Evaluación de la posible contaminación de suelo y agua subterránea con elementos pesados por el uso de vinaza en el cultivo de caña de azúcar. Trabajo de grado. Universidad Politécnica de Cataluña. España. 74 p.

- Gloria, N. e Filho, O. 1983. Aplicacao da vinhaça como fertilizante. Boletín Técnico PLANALSUCAR (Brasil) 5(1):5-38.
- Gómez, J. 1995. Efecto de la vinaza sobre el contenido de potasio intercambiable en un suelo representativo del área cañera del valle del río turbio. *Venesuelos*, 3(2):69-72.
- Hernández, M., García, G., David, S., Palma, J., Lagunes, L., Castelán, M. y Ruiz, O. 2008. Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysolmólico de Chiapas, México. *Interciencia*, 33 (11):855-860.
- Irisarri, D. 2006. Usos Industriales y Agrícolas de la Vinaza de Caña de Azúcar. *Tecnicaña* 10(17): 19-24.
- López, M.; Alfonzo, N.; Florentino, A.; Pérez, M. 2006. Dinámica del Fósforo y Reducción del Aluminio Intercambiable en un Suelo Ultisol Sometido a Manejo Conservacionista en Venezuela. *Interciencia* 31: 293-299.
- MARNR. 1983. Manual de análisis de suelo. Ministerio del Ambiente y los recursos naturales renovables. Caracas.
- Martínez, C., Bravo, I. y Giraldo, E. 2001. Efectos de un fertilizante foliar, formulado a partir de vinaza, sobre el tejido foliar de pompón. XII Congreso Colombiano de Química Memorias del XII Congreso Colombiano de Química. Universidad del Cauca, Colombia. p 4.
- Matheus, J. 2001. Evaluación agronómica del uso de un biofertilizante en el cultivo del maíz. Tesis de Maestría. Universidad Ezequiel Zamora, Guanare. 135 p.
- Matheus, J. 2004. Evaluación agronómica del uso del compost de residuos de la industria azucarera en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). *Bioagro* 16(3): 219-224.
- Olsen, S., Cole, C., Watanabe, F. and Dean, A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Washington, D.C. Circular 939.
- Rivero, C. 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades de un alfisol degradado. *Venesuelos* 3(2):55-61.
- Soil Survey Staff. 1993. Soil Survey Manual. US. Department of Agriculture. Washington, DC 437 p.
- Soil Survey Staff. 2006. Claves para la taxonomía de suelos. Décima edición. U.S. Department of Agriculture. Washington, DC. 331 p.
- Uribe, G., Petit, J. y Dzib, R. 2007. Respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de biofertilizantes en el sistema roza, tumba y quema en suelo alfisol (chac-lu'um, nomenclatura maya), en Yucatán, México. *Agricultura Andina* 13: 3-18.
- Vargas, M. y Briceño, K. 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.
- Veiga, A. 2001. Evaluación de variables taxonómicas y morfopedogenéticas en suelos de la estación experimental Marfilar. Tesis de Maestría. Universidad Ezequiel Zamora. Guanare. 104 p.
- Walkley, A. and Black A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.
- Zérega, L. 1993. Manejo y uso agronómico de la cachaza en suelos cañameleros. *Caña de azúcar* 11:71-92.
- Zérega, L., Echner, E., Hernández, T., Arrieche, A. y 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.