

Caracterización de enmiendas orgánicas usadas en suelos
de los Andes Venezolanos.

Characterization of amendment used in the Venezuelan Andes soils

Contreras, F.¹, J. Paolini² y C. Rivero³

¹Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias. Departamento de Química. LIAQIA. Apdo. 785101. Mérida. ²IVIC, Centro de Ecología. Apdo. 21827, Caracas 1020-A. ³Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. El Limón, Estado Aragua.

RESUMEN

En las zonas agrícolas de los Andes Venezolanos se desarrolla una actividad hortícola intensiva donde se aplica al suelo altas cantidades de materiales orgánicos con predominio de estiércoles de animales. Sin embargo, el conocimiento que se tiene en la zona, y en general en el país, acerca de la composición y manejo de estos materiales es escaso. El objetivo de esta experiencia fue obtener parámetros químicos que permitan evaluar la calidad y madurez de los materiales orgánicos de uso más frecuente en los Andes Venezolanos. Se seleccionaron cuatro tipos de enmiendas de uso frecuente en la zona: gallinaza, estiércol caprino y dos vermicomposts (VC-Vitara y VC-CN, ambos obtenidos con el uso de estiércol de ganado bovino). La materia orgánica se extrajo con una mezcla de NaOH/Na₂P₂O₇ y se obtuvieron las diversas fracciones con base en su diferencia de solubilidad en ácidos y álcali (ácidos húmicos y ácidos Fúlvicos+compuestos no húmicos). Posteriormente se separaron, en columna de poilivilpirrolidona, los ácidos fúlvicos de los compuestos no humificados. Los resultados mostraron una distribución similar del carbono en el estiércol caprino y los vermicompost, en tanto que la gallinaza presentó un elevado contenido de carbono no humificado. Los parámetros de calidad y madurez de los materiales evaluados indicaron, de acuerdo a los rangos indicados en la literatura, que estos presentan buen grado de madurez y son apropiados para su uso en suelos agrícolas.

Palabras Clave: Andes Venezolanos, estiércoles, vermicomposts, parámetros de humificación

ABSTRACT

In agricultural areas of the Venezuelan Andes has been developed a horticultural activity with intensive application of organic materials to the soil, especially animal manures. However, there is not enough knowledge in this area, an in the country, about the composition and appropriate management of these materials. The goal of this study was to obtain chemical parameters to evaluate the quality and maturity of the organic materials most frequently used in the Venezuelan Andes. There were selected four types of amendments frequently used in the area: poultry manure, goat manure, and two vermicomposts (VC-Vitara and VC-CN) which are obtained by using cattle manure. The organic matter was extracted with a mixture of NaOH/Na₂P₂O₇, and the different fractions were obtained in base of their solubility in acids or alkali (humic acid and fulvic acids + no humic compounds). Afterward, the fulvic acids were separated from the non humic compounds by using the column poilivilpirrolidona. The results shown a similar distribution of carbon in the goat manure and vermicompost, while the poultry manure had a high content of non humified carbon. The parameters of quality and maturity of the materials shown, according to the ranges specified in the literature, that they do have good maturity and can be used in agricultural soils.

Key words: Venezuelan Andes, manures, vermicomposts, humification parameters

INTRODUCCIÓN

En el mundo se ha reforzado la tesis de la necesidad de manejar la incorporación de materia orgánica a los suelos como una práctica que permite la sostenibilidad de los agrosistemas, por cuanto mejora el suministro de nutrientes y mantiene las propiedades de los suelos (Palm *et al.*, 2001) y evita o minimiza el descenso de los contenidos de la materia del suelo (Ferreras *et al.*, 2006). En tal sentido, se ha señalado que el efecto de la materia orgánica añadida, una vez que se ha establecido el balance entre los

procesos de mineralización-humificación, dependerá básicamente de la madurez del material orgánico que se incorpora (Convertini y Ferri, 1995; Vecken *et al.*, 2000; Wu *et al.*, 2000).

Por otra parte, existe un efecto importante sobre las poblaciones microbianas del suelo, como consecuencia de las interacciones con la gran variedad de microorganismos presentes en este tipo de materiales. Esto conduce a una modificación de las dinámicas del sistema hasta el retorno a las condiciones de equilibrio. Otros efectos importantes vinculados a la aplicación de materiales orgánicos son: i) sobre la capacidad de intercambio catiónico, lo que mejora la capacidad de suministro de nutrientes para los cultivos traducido en incrementos de rendimiento (Ouédraogo *et al.*, 2001); ii) sobre la estructura del suelo, el cual se ha vinculado a la proporción de carbono húmico o fúlvico presente en el material añadido (Fortun *et al.*, 1990) y al manejo de la incorporación de materiales orgánicos (Ouattara *et al.*, 2008).

En las zonas agrícolas de los Andes Venezolanos se desarrolla una actividad hortícola donde se aplica una elevada proporción de materiales orgánicos de origen animal (estiércoles). Sin embargo, el conocimiento que se tiene de la zona, y en general en el país, acerca de las características de los materiales orgánicos incorporados al suelo es escaso. Esta deficiencia de información es contraproducente dado que impide inferir acerca de los posibles efectos de estos materiales cuando llegan al suelo, los cuales dependen en buena medida de la forma como es manejado al material durante el proceso de maduración y compostaje (Sharma y Kilpatrick, 200). Estos efectos podrían resultar, en algunos casos, negativos para el sistema como consecuencia de la presencia de compuestos tóxicos, como ácidos orgánicos de cadena corta o aldehídos, en materiales que no estén estabilizados (Butler *et al.*, 2001). También se ha señalado la presencia de inhibidores de enzimas como la fosfatasa ácida, indispensable para el uso de fósforo orgánico (Madejón *et al.*, 2003)

Son variadas las vías que se han usado para evaluar la estabilidad de la materia orgánica contenida en residuos orgánicos incorporados al suelo, entre los cuales la obtención de parámetros de humificación a partir de las sustancias húmicas y no húmicas (Tittarelli *et al.*, 2002). El objetivo de este estudio fue determinar parámetros que permitan evaluar la calidad y madurez de los materiales orgánicos de uso frecuente en los Andes Venezolanos, y en consecuencia decidir sobre la conveniencia o no de su uso.

MATERIALES Y METODOS

La recolección de los materiales se manejó como un estudio de caso, donde una indagación previa permitió seleccionar los cuatro tipos de enmiendas con mayor frecuencia de uso en la zona bajo estudio: gallinaza, estiércol caprino y dos vermicomposts (VC-Vitara y VC-CN, ambos originados por alimentación de las lombrices con estiércol de ganado bovino). Una vez seleccionados los materiales se procedió a obtener las muestras mediante un muestreo al azar entre los productores de la zona, con la intención de lograr una caracterización del material que efectivamente llega al productor y que es aplicado al campo. En el Laboratorio de Investigaciones y Análisis Químico, Industrial y Agrícola de la ULA (LIAQIA) se determinaron los parámetros químicos por aplicación de los métodos que allí se utilizan y que se encuentran descritos en IGAC (1978). Las variables químicas determinadas fueron las siguientes: pH; Ca, Mg, K y Na, disponibles; Carbono orgánico (Corg); Nitrógeno total (Nt) y fósforo total (Pt). La capacidad de intercambio catiónico (CIC) fue obtenida según el método de Harada e Iinoko (1980) diseñado especialmente para materiales orgánicos, en el cual los cationes intercambiables presentes en el compost son liberados con HCl, el exceso de ácido es eliminado con una solución de acetato de bario, luego de almacenar la muestra los protones son liberados igualmente con acetato de bario, una titulación de dichos protones con NaOH, permite estimar los sitios de intercambio. El carbono orgánico soluble en agua ($C_{hidrosoluble}$) fue obtenido de acuerdo a Wu y Ma (2002), en el cual la muestra es agitada durante dos horas con agua destilada, concluido este periodo se separa el sobrenadante y en el mismo se determina el carbono presente mediante la oxidación con dicromato, se usaron alícuotas de 5-10 mL, de acuerdo al color de la solución, y determinación colorimétrica (Yeomans y Bremner, 1988).

Para obtener la fracción orgánica extraíble (CE) se siguió el método propuesto por Sequí *et al.* (1986), que consiste en pesar 10g del material orgánico y agregarle 100 mL de una mezcla 0,1M de NaOH y 0,1M de $Na_4P_2O_7$ y se agita durante 24 horas: este reactivo actúa como extractante a temperatura ambiente bajo atmósfera de nitrógeno durante toda la noche. Después se centrifuga la suspensión a 3000rpm por 20 minutos y el sobrenadante se filtra a través de filtros de membrana de 0,45 μ m.

Un volumen de 25 mL del filtrado se transfiere a un tubo de centrifuga y se acidifica con H_2SO_4 50% v/v hasta un pH cercano a 2. Los ácidos húmicos (AH), el floculo formado, se separan por centrifugación a 3000rpm durante 20 minutos, se redisuelven con NaOH 0,5M y se transfieren a matraces aforados de

50 mL; en esta fracción se determinó el carbono unido a los AH. El sobrenadante constituido por los ácidos fúlvicos (AF) y las fracciones no humificadas solubles (SNH) se reserva para la fase siguiente. Este sobrenadante se somete a un fraccionamiento cromatográfico a través de una resina adsorbente: polivinilpirrolidona (PVP insoluble). Para ello se prepara una columna de 1,5cm de diámetro y 10 mL de capacidad, empacada con 6 mL de polivinilpirrolidona previamente equilibrada con 0,02M de H₂SO₄.

La columna se alimenta con el sobrenadante y se descartan los primeros 2-3 mL y luego se recoge todo el eluato que corresponde a la fracción de compuestos no humificados (SNH), la recolección se hace en un matraz aforado de 50 mL. Concluida esta fase la columna es nuevamente eluída con 25 mL de H₂SO₄ 0,02M y el eluato se lleva a volumen.

La fracción de color marrón retenida en el tope de la columna, corresponde a los ácidos fúlvicos (AF), es eluída con NaOH 0,5M, el eluato es colectado en un matraz aforado de 50 mL y llevado a volumen con el mismo NaOH. El contenido de carbono de las distintas fracciones, obtenidas se determina mediante la oxidación con dicromato, para lo cual se toman alícuotas de 5-10 mL, de acuerdo al color de la solución, y determinación colorimétrica (Yeomans y Bremner, 1988).

Esta técnica de fraccionamiento de la materia orgánica permite el cálculo de los siguientes parámetros:

- a. índice de humificación, de acuerdo a Sequi *et al.* (1986) con el uso de la siguiente expresión:

$$IH = \frac{C_{SNH}}{(C_{AF} + C_{AH})}$$

Donde: IH = Índice de Humificación

C_{SNH} = Carbono unido a sustancias no húmicas

C_{AF} = Carbono unido a ácidos fúlvicos

C_{AH} = Carbono unido a ácidos húmicos

- b. Grado de humificación, de acuerdo a Ciavatta *et al.* (1988) según

$$GH(\%) = \frac{(C_{AF} + C_{AH})}{\text{Corg Extraíble}} 100$$

Donde: GH = Grado de Humificación

C_{AF} = Carbono unido a ácidos fúlvicos

C_{AH} = Carbono unido a ácidos húmicos

Corg extraíble = Carbono extraído con la solución alcalina

- c. Razón de humificación, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$RH(\%) = \frac{(C_{AF} + C_{AH})}{\text{Corg total}} 100$$

Donde: RH = Razón de Humificación

C_{AF} = Carbono unido a ácidos fúlvicos

C_{AH} = Carbono unido a ácidos húmicos

Corg total = Carbono total determinado por oxidación

d. Relación ácidos húmicos , ácidos fúlvicos (RA)

$$RA(\%) = \frac{C_{AH}}{C_{AF}}$$

Donde: RA = Relación ácidos húmicos, ácidos fúlvicos

C_{AF} = Carbono unido a ácidos húmicos

C_{AH} = Carbono unido a ácidos fúlvicos

Corg total = Carbono total determinado por oxidación

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de parámetros básicos

Los resultados obtenidos en la caracterización básica general de los materiales se muestran en el Cuadro 1. En la misma destacan los elevados contenidos de materia orgánica así como los relativamente altos valores de pH en agua encontrados para todos los materiales evaluados. Los contenidos de nutrientes como N_T, P_T, Ca, Mg y K dependieron del tipo de material orgánico. Ahora bien, el abono de gallinaza, contiene el mayor porcentaje de nutrientes (N_T, P_T, Ca, Mg y K) seguido por el estiércol caprino y los dos vermicomposts de estiércol de ganado bovino. Estos resultados son coincidentes con los indicados por otros investigadores en estudios similares realizados en el país (Añez, 1979; Pérez-Osal, 1981; Urbina y Rodríguez, 1995). Los valores de la CIC de las distintas enmiendas resultaron bastante similares entre sí y los mismos corresponden, según Harada e Inoko (1980), a materiales maduros bien estabilizados.

Cuadro 1. Caracterización química de las enmiendas orgánicas

Enmiendas	pH H ₂ O	pH KCl	CIC (cmol _e /kg)	Ca	Mg	Na	K	Corg	N _T %	P _T	C/N
				Mg.kg ⁻¹							
Gallinaza	8,1 ^{a1}	7,6 a	59,7 a	3,5 b	0,8 b	0,80 b	5,0 a	25,8 a	3,0 a	0,50a	8,6b
Caprino	8,6 a	8,0 a	60,4 a	6,0 a	2,2 a	2,00 a	0,7 b	26,1 a	2,1b	0,03c	12,4a
VC-Vitara	7,2 b	6,7 b	53,0 b	0,2c	0,2c	0,04 c	0,3	16,6 b	1,3c	0,05b	12,8a
VC-CN	7,1b	6,6b	57,4b	0,3c	0,2c	0,03c	0,3	15,8 b	1,2c	0,04c	13,2a

¹ Letras iguales indican ausencia de diferencia en las medias

En cuanto a los contenidos de N, P y K, se observaron diferencias en los contenidos de estos elementos según el siguiente orden decreciente: gallinaza > estiércol caprino > VC-Vitara ≈ VC-CN. Resulta conveniente destacar que el estiércol de caprino debe ser usado con precaución dado su elevado contenido de sodio, que podría eventualmente provocar o agravar los problemas de salinidad en algunos suelos, tal como lo indica Pérez-Osal (1981).

Por otra parte la relación C:N presentó valores considerados como apropiados para este tipo de material ya que se garantizaría que no se produciría inmovilización del nitrógeno al ser añadidos al suelo (Mondini *et al.*, 2003)

Estos resultados constituirían una primera aproximación de lo que podría obtener el sistema para sustentar un cultivo. Sin embargo, dada la naturaleza orgánica de los materiales, el aporte definitivo dependerá de la estabilidad y recalcitrancia de dichos materiales, es decir de su resistencia a la mineralización debida a la complejidad de su estructura química.

Fraccionamiento del carbono

La inferencia acerca de la recalcitrancia de los materiales, se lleva a cabo en primer término con el conocimiento de las distintas asociaciones del carbono orgánico presente en los mismos (cuadro 2) y con el cálculo de índices a discutirse en la sección posterior.

Cuadro 2. Carbono asociado a cada una de las fracciones obtenidas

Enmienda orgánica	C _{AH}	C _{AF}	C _{SNH}	C _{hidrosoluble}
	%			
Gallinaza	2,86a	0,50 a	2,79 a	0,37 a
Caprino	1,57b	0,52 a	0,68 b	0,12 b
VC-Vitara	1,61 b	0,36 b	0,53c	0,33 a
VC-CN	1,78 b	0,35 b	0,50 c	0,06 c

¹ Letras iguales indican ausencia de diferencia en las medias

La distribución del carbono húmico y fúlvico para el estiércol de caprino y los dos vermicomposts no presentaron diferencias significativas, en el caso de la gallinaza se observó un mayor contenido, prácticamente el doble, de carbono húmico y destacó el contenido de material no humificado que resultó prácticamente igual al carbono húmico. Aunque no se conoce mucho sobre la composición química de esta última fracción se sospecha que debe estar constituida por compuestos de bajo a mediano peso molecular como azúcares (polisacáridos) y proteínas (Ciavatta y Govi, 1993). En el transcurso del proceso de compostaje su contenido disminuye (De Nobili y Petrussi, 1988). Estas diferencias en el carbono hidrosoluble están vinculadas a la naturaleza misma de cada uno de los materiales y a la forma como estos son procesados para la obtención del compost final.

Determinación de índices de calidad

A partir de los valores obtenidos para cada fracción de C-orgánico es posible calcular índices (figuras 1, 2, 3 y 4) que permiten inferencias sobre la calidad y recalcitrancia de los materiales.

Los resultados obtenidos para el índice de humificación (IH), como parámetro estimador de la calidad de los materiales orgánicos (Ciavatta *et al.*, 1988, 1990), mostraron valores comprendidos entre 0 y1 (figura 1), los cuales, según los mismos autores son atribuidos a estiércoles bien maduros.

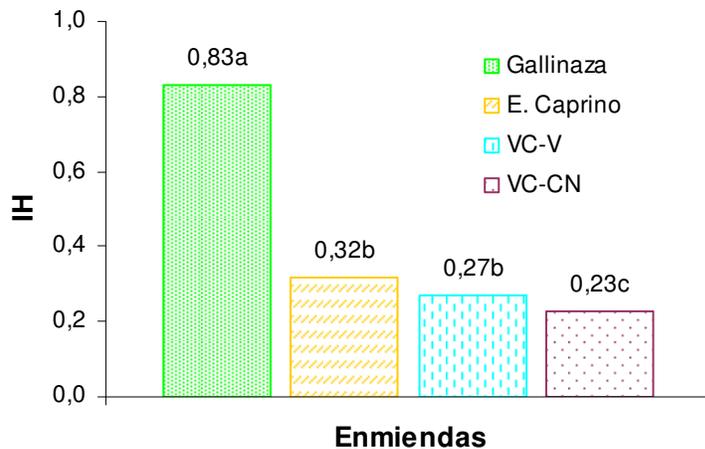


Figura 1. Índice de humificación para las enmiendas estudiadas.
⁽¹ Letras iguales indican ausencia de diferencia en las medias)

En función de esto, todas las enmiendas orgánicas estudiadas serían consideradas como materiales maduros, aun cuando en el caso de la gallinaza se obtiene un valor bastante cercano al límite superior de 1, lo que podría indicar un menor grado de madurez para este material, aun cuando con la madurez suficiente como para ser incorporado al suelo.

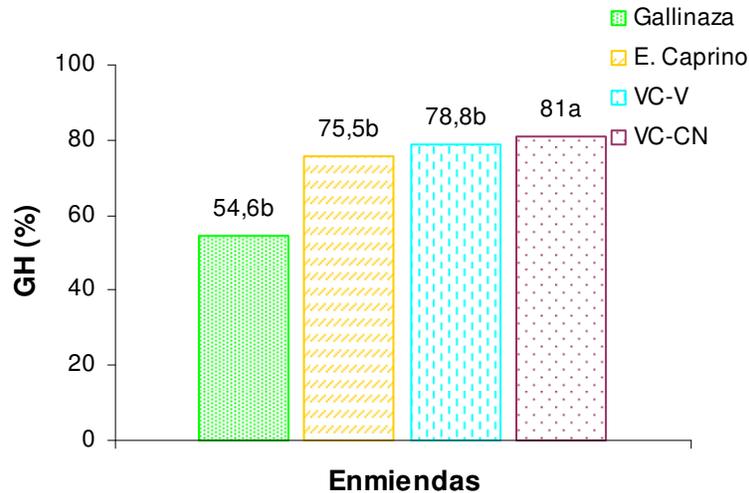


Figura 2. Grado de humificación para las enmiendas estudiadas.
(¹ Letras iguales indican ausencia de diferencia en las medias)

Para el grado de humificación (GH), se observa que todos los materiales presentan grados de humificación superiores al 50% (figura 2); esto confirma la presencia de materiales bien estabilizados. El GH representa la proporción de los compuestos humificados (AH y AF) en relación al carbono total extraíble y se ha indicado que su valor es superior al 60% en materiales bien humificados tales como suelos y ciertas enmiendas orgánicas y cercano al 100% en leonardita, sustancias húmicas fósiles, (Rivero, 1999). De acuerdo con este índice la gallinaza sería el material menos humificado (aunque cercano al 60%) y el VC-CN el más humificado (81%).

La razón de humificación (RH), que como se indicó representa el porcentaje de compuestos humificados con respecto al carbono orgánico total de la muestra, presentó valores bastante bajos en este estudio (figura 3), cercanos al límite inferior de los indicados para suelos (13-37%) e inferiores a los de turberas (> 60%) (Ciavatta y Govi, 1993).

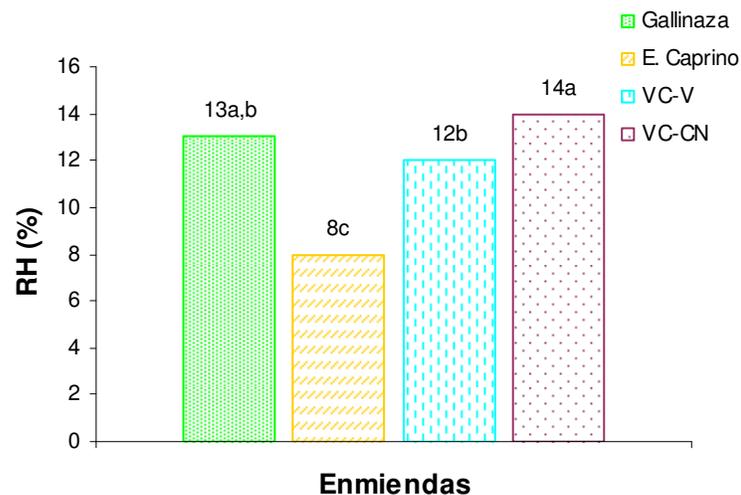


Figura 3. Razón de humificación para las enmiendas estudiadas.
(¹ Letras iguales indican ausencia de diferencia en las medias)

Esto indicaría que estos materiales contienen un porcentaje importante de estructuras que serían mineralizadas o humificadas al ser incorporados al suelo, por lo que el manejo de la forma de aplicación y la época podrían ser decisivos en el mejor aprovechamiento de los materiales (Bernal *et al.*, 1998).

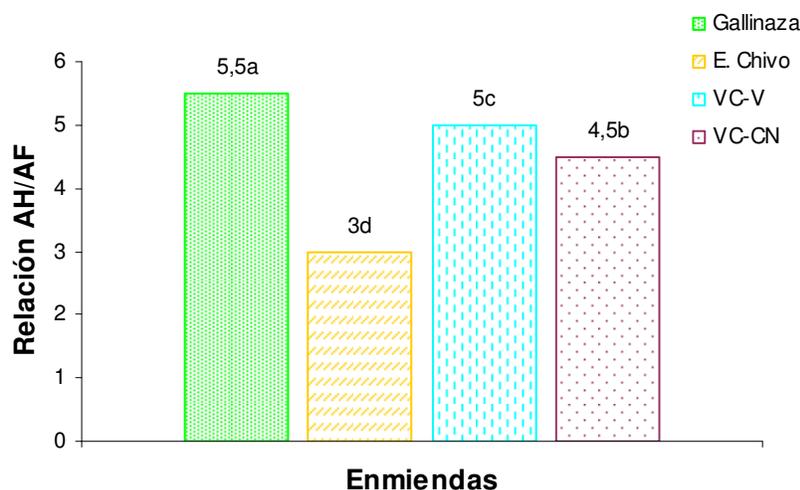


Figura 4. Relación C_{AH}/C_{AF} para las enmiendas estudiadas.
(¹ Letras iguales indican ausencia de diferencia en las medias)

En cuanto a la relación C_{AH}/C_{AF} , algunos autores como Senesi (1989) consideran que es una buena medida del estado de polimerización y madurez de un compost y señalan que un valor elevado indicaría una mayor madurez. Las enmiendas analizadas muestran (figura 4), según esta relación, el siguiente orden de madurez: VC-Vitara > gallinaza > VC-CN > Caprino y están dentro del intervalo (1,3-7,5) encontrado por Forster *et al.* (1993) para composts de diversa naturaleza. Ahora bien, llama la atención que la comparación de la relación C_{AH}/C_{AF} con el IH puede eventualmente lucir contradictoria sobre todo en el caso de la gallinaza. Cabe destacar que la utilidad de la relación C_{AH}/C_{AF} ha sido cuestionada, con base a su alta variabilidad, por algunos autores (Bernal *et al.*, 1998).

CONCLUSIONES

Todos los materiales analizados presentaron valores de sus parámetros de humificación que permiten ubicarlos como materiales de buena calidad y con buen grado de madurez, aun cuando existan pequeñas variaciones entre ellos. Esto permitiría su uso agrícola sin mayores riesgos de impacto para el ambiente y para la vida de los organismos del suelo. Cabe destacar que los resultados validan además la preferencia de los agricultores de la zona por este tipo de materiales.

Ahora bien, con base en los resultados se concluye que la gallinaza es el material más conveniente, desde el punto de vista del uso como fertilizante, dado que sus parámetros indican que se produciría un proceso de mineralización más eficiente.

Agradecimiento: Este trabajo fue realizado en el LIAQIA de la Facultad de Ciencias de la ULS, con colaboración del CDCHT proyectos: C-731-95-01 y C-904-98-01-A.

LITERATURA CITADA

- Añez, R.B.** (1979) El uso del estiércol en Los Andes. I.I.A.P. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela, 14 p.
- Bernal, M.P., A.F. Navarro, A. Roig, J. Cegarra, y D. Garcia.** 1996. Carbon and nitrogen transformation during composting of sweet sorghum bagasse. *Biol. Fertil. Soils.* 22:141–148.

- Bernal, M. P., M. A. Sánchez-Monedero, C. Paredes y A. Roig.** 1998. Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 69:175-189.
- Butler, T.A., L.J. Sikora, P.M. Steinhilber, y L.W. Douglass.** 2001. Compost age and sample storage effects on maturity indicators of biosolids compost. *J. Environ. Qual.* 30:2141–2148.
- Ciavatta, C. y M. Govi** (1993) Use of insoluble polivinilpirrolidone and isoelectric focusing in the study of humic substances in soils and organic wastes. *J. Chromat.* 643: 261-270.
- Ciavatta, C., L. Vittori y P. Sequi** (1988) A first approach to the characterization of the presence of humified materials in organic fertilizers. *Agrochimica* 32(5 y 6): 510-517.
- Ciavatta, C., M. Govi., L. Vittori y P. Sequi** (1990) Characterization of humified compounds by extraction and fractionation on solid polivinilpirrolidone. *J. Chromat.* 509: 141-146.
- Convertini, G. y D. Ferri.** 1995. Propiedad química e potencialidad agronómica de la sustancia orgánica de un compost de residuos sólidos urbanos aplicado en el cultivo de la hortaliza. *International Humic Substance Society. Sezione Italiana, 1º Convegno Nazionale. Riassunti e lavori.* Pp. 63-64.
- De Nobili, M. y F. Petrussi** (1988) Humification index (HI) as evaluation of the stabilization degree during composting. *J. Ferment. Technol.* 66(5): 577-583.
- Ferreras, L., E. Gomez, S. Toresani, I. Firpo, y R. Rotondo.** 2006. Effect of organic amendments on some physical, chemical and biological properties in a horticultural soil. *Bioresource Technology*. 97:635–640.
- Forster, J. C., W. Zech y E. Wurdinger** (1993) Comparison of chemical and microbiological methods for the characterization of the maturity of composts from contrasting sources. *Biol. Fertil. Soils* 16: 93-99.
- Fortun A., J. Benayas y C. Fortun.** 1990. The effects of fulvic and humic acids on soil aggregation: a micromorphological study. *European Journal of Soil Science*. 41(4):563-572.
- Harada, Y. y A. Inoko** (1980) The measurement of the cation-exchange capacity of composts for the estimation of the degree of maturity. *Soil Sci. Plant Nutr.* 26(1): 127-134.
- IGAC.** 1978. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”. Ministerio de Hacienda y Crédito público. Bogotá, Colombia. 663 p.
- Madejón, E., P. Burgos, R. López y F. Cabrera.** 2003. Agricultural use of three organic residues: effect on orange production and on properties of a soil of the ‘Comarca Costa de Huelva’ (SW Spain). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 65(3): 281-288.
- Mondini, C., M. T. Dell’Abate, L. Leita, y A. Benedetti.** 2003. An Integrated Chemical, Thermal, and Microbiological Approach to Compost Stability Evaluation. *J. Environ. Qual.* 32:2379-2386
- Mustin, M.** 1987. Le compost, question de la matière organique. Ed. Francois Dubusc, Paris. 954 p.
- Ouattara, K., B. Ouattara, G., Nyberg, M. P., Sédogo y A. Malmer.** 2008, Effects of ploughing frequency and compost on soil aggregate stability in a cotton–maize (*Gossypium hirsutum*-*Zea mays*) rotation in Burkina Faso. *Soil Use and Management*. 24(1):19-28.
- Palm, Ch. A., Gachengo, C. N., R., J. Delvea, G. Cadisch y K. E. Giller.** 2001. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 83(1-2):27-42.
- Pérez-Osal, J.** (1981) Efectos de aplicaciones de estiércol y fósforo sobre algunas propiedades físicas y químicas de un suelo del Valle de Quibor, Estado Lara y su influencia sobre el desarrollo de plantas de tomate. Trabajo Especial de Maestría en Ciencias del Suelo. Facultad de Agronomía. UCV. Venezuela. 130 p.
- Ouédraogo, E., A. Mando y N. P. Zombré.** 2001. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 84(3):259-266.
- Senesi, N.**(1989) Composted materials as organic fertilizers. *Sci. Tot. Environ.* 81/82: 521-542.
- Sequi, P, De Nobili, M., Leita, G. y Cercignani, G.** (1986) A new index of humification. *Agrochimica* 30: 1-2.
- Sharma H. S. y M. Kilpatrick.** 2000. Mushroom (*Agaricus bisporus*) compost quality factors for predicting potential yield of fruiting bodies. *Can. J. Microbiol.* 46(6): 515–519.
- Rivero, C.** 1999. Materia orgánica del suelo. Alcance 57. Revista Facultad de Agronomía. (Maracay). UCV. 211 p.
- Tittarelli, F., A. Trinchera, F. Intrigliolo, y A. Benedetti.** 2002. Evaluation of organic matter stability during the composting process of agroindustrial wastes. p. 397–406. *In* H. Insam et al. (ed.) *Microbiology of composting*. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany.

- Urbina, C. y O. Rodríguez, P.** (1995) Efecto de dos abonos orgánicos en el control de la erosión y mejoramiento físico y químico del suelo. *Rev. Fac. Agron. (Maracay) Alcance* 47: 63-74.
- Veeken, A., K. Nierop, V. de Wilde, y B. Hamelers.** 2000. Characterization of NaOH-extracted humic acids during composting of a biowaste. *Bioresour. Technol.* 72:33-41
- Wu L. y L.Q. Ma.** 2002. Relationship between Compost Stability and Extractable Organic Carbon. *Journal of Environmental Quality* 31:1323-1328
- Wu, L., L.Q. Ma, y G.A. Martinez.** 2000. Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. *J. Environ. Qual.* 29:424-429.
- Yeomans, J.C. y J. M. Bremner,** 1988. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 19:1467-1476.