

## CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE HUMUS DE LOMBRIZ Y COMPOSTS PRODUCIDOS A PARTIR DE DIFERENTES SUSTRATOS

Myriam Rocío Melgarejo P., María Inés Ballesteros G. \*, Myriam Bendeck L.

Recibido Marzo 26/98 - Aprobado Septiembre 11/98

**Keywords:** Earthworm humus, compost, organic matter, humic acids, fulvic acids.

### RESUMEN

Para evaluar la calidad y el grado de humificación de diferentes materiales compostados, se caracterizó químicamente la fracción orgánica de humus de lombriz provenientes de desechos de cocina y de huerta, pulpa de café, basuras biodegradables y residuos de rosas, y de composts obtenidos de residuos de rosas y residuos de clavel. Para tal fin se hizo la determinación y análisis de la relación C/N, el fraccionamiento de la materia orgánica, la purificación y caracterización de los ácidos húmicos por análisis elemental C, H, N, O, espectroscopía visible-ultravioleta y se hallaron diferentes parámetros de humificación.

El fraccionamiento de la materia orgánica indicó un bajo contenido de carbono extraído con relación a lo encontrado normalmente en el humus de los suelos. El análisis elemental de los ácidos húmicos de los composts y lombricomposts no reveló diferencias importantes entre los materiales, mientras que la relación  $E_4/E_6$  proporcionó cambios más evidentes. Los

resultados indicaron que la relación C/N no fue un indicativo absoluto del estado de madurez de los materiales estudiados.

De los parámetros de humificación analizados, la razón de polimerización, el índice de humificación y la relación entre carbono extraído y carbono no extraído resultaron ser los parámetros que mejor estiman la madurez de los composts y lombricomposts. En cuanto a los materiales evaluados, el lombricompost de residuos de rosas reveló en conjunto las mejores condiciones con relación al contenido y calidad de la materia orgánica para ser adicionado a un suelo.

### ABSTRACT

In order to evaluate the quality and the humification degree of different composted materials, the organic fraction of earthworm humus obtained from kitchen and farm residues, coffee pulp, biodegradable garbages and roses residues and of composts from roses and carnation residues were characterized chemically. Thus, determination and analysis of the C/N ratio, as well as the fractionation of the organic matter and the purification and characterization of the humic acids

\* Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, A.A. 14490, Santafé de Bogotá, Colombia.

by C, H, N, O elemental analysis, UV-VIS spectroscopy were done and different humification parameters were found.

The fractionation of the organic matter showed a low content of extracted carbon with respect to the normal content found in the soil humus. The elemental analysis data of the humic acids from the composts and the earthworm humus did not reveal important differences between these materials, while the  $E_4/E_6$  ratio provided more evident changes. The results showed that the C/N ratio is not an absolute indicative of the maturity state of the studied materials.

The best parameters to estimate the maturity degree of the composts and the earthworm humus turned out to be the polymerization ratio, the humification index and the extracted carbon / non extracted carbon ratio. Among the evaluated materials, the earthworm of roses residues showed the best conditions with respect to content and quality of the organic matter to be added to a soil.

## INTRODUCCIÓN

La materia orgánica es uno de los componentes más importantes del suelo, ya que contribuye al crecimiento de las plantas a través de sus efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; es decir, existe una estrecha relación entre la fertilidad del suelo y su contenido de materia orgánica, por ser ésta una importante fuente de energía y de elementos como carbono y nitrógeno y una reserva de azufre y fósforo (1,2,3).

Uno de los principales componentes de la materia orgánica del suelo es el *HU-*

*MUS*, el cual se encuentra conformado por las **sustancias no húmicas** correspondientes a compuestos orgánicos de estructura química definida como aminoácidos, carbohidratos, grasas, ceras, etc., que pueden alcanzar hasta un 30% del humus del suelo; y las **sustancias húmicas** término utilizado para designar el otro componente del humus del suelo, y por extensión, fracciones similares de turbas, carbones, estiércoles, composts y de otros sustratos, las cuales constituyen una mezcla compleja, fuertemente coloreada, de compuestos predominantemente aromáticos, hidrofílicos, amorfos y con diferentes tamaños moleculares. Usualmente se diferencian en tres grupos: *ácidos húmicos* o fracción soluble en álcalis e insoluble en ácidos, *ácidos fúlvicos* o fracción soluble en álcalis y ácidos y *huminas*, término genérico dado al residuo que permanece después de la solubilización de los ácidos húmicos y fúlvicos (4,5).

La adición de composts y lombricomposts al suelo produce un mejoramiento de sus propiedades físicas, químicas y biológicas y además no causa efectos negativos en los recursos naturales, la salud y el medio ambiente siempre que tales materiales cumplan una serie de condiciones mínimas para ser aplicados (7).

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente trabajo se planteó con el propósito de evaluar cuatro humus de lombriz y dos composts a partir de la caracterización química de su fracción orgánica, y de la valoración de parámetros relacionados con la calidad de su materia orgánica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales analizados son productos comerciales suministrados por sus productores. Para efectos prácticos, se han identificado de la siguiente manera: H1 (Humus de Lombriz de Pulpa de Café), H2 (Humus de lombriz de Basuras Biodegradables), H3 (Humus de Lombriz de Desechos de Cocina y de Huerta), H4 (Humus de Lombriz de Residuos de Rosas), C1 (Compost de Residuos de Rosas) y C2 (Compost de Residuos de Clavel). A continuación se presentan algunos detalles sobre adiciones y tiempo de proceso para cada material.

se centrifugó y se separó el sobrenadante (14). Del sobrenadante reunido se tomaron alícuotas para cuantificar el porcentaje de carbono extraído, la otra parte se llevó a un pH alrededor de 2 con  $H_2SO_4$  concentrado y se dejó en nevera durante 24 horas para asegurar la precipitación de los ácidos húmicos. El sobrenadante (ácidos fúlvicos) se separó del residuo (ácidos húmicos) por centrifugación, este último fue disuelto en NaOH 0,1 N. El porcentaje de carbono de cada fracción se determinó por el método de Walkley-Black luego de secar alícuotas en Baño María a 60 °C; por este método también se cuantificó el carbono no extraído, es

MATERIAL	ADICIONES	SEMANAS DE COMPOSTAJE
H1	Lombriz Roja Californiana.	16
H2	Lombriz Roja Californiana.	14
H3	Lombriz Roja Californiana.	20
H4	Lombriz Roja Californiana, caldo microbiano, melaza, $NH_4NO_3$ (20% N) y $CaCO_3$ .	23
C1	Caldo microbiano, $NH_4NO_3$ (20% N) y $Ca(OH)_2$ .	17
C2	Melaza, úrea y $CaCO_3$ .	20

Los materiales previamente secados al aire se molieron y tamizaron (malla 60), luego se secaron a 80°C en estufa y se envasaron (9). El nitrógeno se determinó por el método de micro-Kjeldahl (10) y el carbono orgánico por el método de Walkley-Black (11).

La extracción de la materia orgánica humificada de los materiales, se realizó mediante agitación mecánica del material con solución extractora de NaOH 0,1 M/  $Na_4P_2O_7$  0,1 M en relación (1:10) (12,13) durante 24 horas; posteriormente

decir el correspondiente al residuo de la extracción con la solución NaOH 0,1M/  $Na_4P_2O_7$  0,1M (5,15).

Los ácidos húmicos disueltos en NaOH fueron sometidos a diálisis contra agua destilada durante 48 horas, y finalmente se liofilizaron (11). A éstos, se les determinó el carbono, hidrógeno y nitrógeno en un analizador automático Leco CHN-600; se halló su relación  $E_4/E_6$  midiendo su absorbancia a 465 y 665 nm. en una solución de 300 p.p.m. de ácidos húmicos en  $NaHCO_3$  0,05 N (16).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Distribución del Carbono

En la Tabla 1. se observan los resultados del fraccionamiento de la materia orgánica.

El carbono orgánico presenta un amplio rango de variación entre 10,32% en el lombricompost de desechos de cocina y de huerta hasta 35,14% en el compost de rosas; entre los dos materiales procedentes de los residuos de las rosas el lombricompost tiene menor contenido debido al mayor tiempo que duró en proceso de compostaje.

rentes tiempos de compostaje; sin embargo, al expresar tal porcentaje en base libre de cenizas (Tabla 2.), se notan claras diferencias, donde el material compostado con lombrices (H4) presenta mayor porcentaje de carbono extraído con relación al compostado sin lombrices (C1), sugiriendo un beneficio de la lombriz en el proceso de humificación.

En cuanto a los contenidos de carbono de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, siempre se encuentra que es mayor el de los ácidos húmicos. Entre los materiales obtenidos de las rosas (H4, C1) el mayor contenido de las dos fracciones corresponde al compost. Si la expresión se calcula en base libre de cenizas (Tabla 2.) se

**Tabla 1.** Distribución de Carbono.

%	H1	H2	H3	H4	C1	C2
C Orgánico	30,10	19,01	10,32	22,65	35,14	16,39
C no Extraído	23,47	13,36	6,41	16,83	31,21	9,57
C Extraído	3,96	5,34	3,56	7,46	7,85	6,82
C Ácidos Fúlvicos	1,69	1,59	1,50	2,42	2,79	2,18
C Ácidos Húmicos	2,19	3,63	2,01	4,93	5,15	4,19

Los resultados se encuentran expresados en base seca y son el promedio de tres replicaciones  
 C Extraído: Carbono del sobrenadante de la extracción con mezcla NaOH 0,1 M / Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,1 M.  
 C no Extraído: Corresponde al carbono del residuo de la extracción.

En todos los materiales el carbono extraído, correspondiente al cuantificado en el sobrenadante de la extracción con la mezcla NaOH/Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, fue bajo; el lombricompost de pulpa de café resultó con el menor grado de extractabilidad tomando en cuenta su contenido de carbono orgánico. Al comparar los materiales provenientes de las rosas se encuentran contenidos de carbono extraído similares aún teniendo dife-

invirtiendo los resultados entre estos materiales, quedando ahora el humus de lombriz con el mayor porcentaje de carbono, tanto en ácidos húmicos como en ácidos fúlvicos.

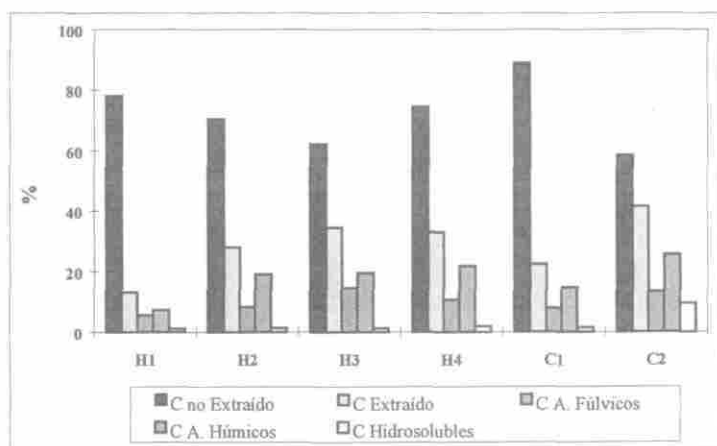
En la Figura 1. se ilustra el contenido de carbono de cada fracción con relación al carbono orgánico; es evidente que en ningún material se extrajo más del 42% de este elemento, diferente a lo común encon-

**Tabla 2.** Contenido de Cenizas y Distribución del Carbono Calculado en Base Libre de Cenizas.

%	H1	H2	H3	H4	C1	C2
C Orgánico	44,92	43,72	39,16	41,62	44,06	40,82
C no Extraído	35,02	30,72	24,34	30,92	39,15	23,83
C Extraído	5,91	12,27	13,51	13,71	9,84	16,98
C Ácidos Fúlvicos	2,52	3,66	5,68	4,45	3,49	5,44
C Ácidos Húmicos	3,26	8,35	7,62	9,05	6,46	10,43
% Cenizas	32,99	56,52	73,65	45,58	20,27	59,85

trado en suelos ricos en materia orgánica de mediano grado de descomposición, cuya fracción de carbono extraíble supera el 70% (4), esto indica que en los materiales en estudio la cantidad de materia orgánica transformada es aún muy pequeña.

En esta figura también se incluyó el carbono de hidrosolubles, notándose que en todos los materiales es la menor fracción puesto que es la de mayor biodegradabilidad dado que los microorganismos encuentran en ella una fuente inmediata

**Figura 1.** Distribución de Carbono en las Fracciones con relación al Carbono Orgánico en el Material.

de energía, por lo cual en un compost o lombricompost con cierto grado de madurez no es de esperarse que el contenido de carbono de esta fracción sea alto puesto que indicaría un compostaje insuficiente. (2).

### Parámetros de Humificación

En la Tabla 3. se encuentran los parámetros de humificación considerados actualmente para evaluar la madurez de un compost.

**Tabla 3.** Parámetros de Humificación.

PARÁMETRO	H1	H2	H3	H4	C1	C2
Razón de Polimerización	1,30	2,28	1,34	2,04	1,85	1,92
Razón de Humificación	13,16	28,09	34,50	32,94	22,34	41,64
Índice de Humificación	7,28	19,10	19,48	21,77	14,66	25,58
% A. Húmicos	55,30	67,98	56,46	66,09	65,61	61,44
C Extraído / C no Extraído	0,17	0,40	0,56	0,44	0,25	0,71

Razón de Polimerización: C A. Húmicos / C A. Fúlvicos.

Razón de Humificación : % C Extraído \* 100 / % C Orgánico.

Índice de Humificación : % C Ácidos Húmicos \* 100 / % C Orgánico.

% A. Húmicos: % C Ácidos Húmicos \* 100 / % C Extraído.

La razón de polimerización muestra que en los materiales estudiados más del 50% del carbono extraído corresponde a los ácidos húmicos, permitiendo inferir que hay un predominio de estructuras aromáticas más complejas sobre las menos polimerizadas de los ácidos fúlvicos, lo que se manifiesta en valores de la relación CAH/CAF mayores a 1 (14).

Respecto a la razón de humificación, sobresale el avance del proceso de humificación del lombricompost de desechos de cocina y de huerta, del cual los resultados anteriores han mostrado un bajo con-

tenido de carbono orgánico (Tabla 1.). También es importante resaltar que todos los materiales superan el valor óptimo para este parámetro propuesto por Rolletto y colaboradores (14) mayor a 7, indicando que se encuentran aptos para aplicarse al suelo; sin embargo, es importante precisar que tales valores deben establecerse en función del tipo y calidad del sustrato.

El índice de humificación muestra que evidentemente en el lombricompost de

pulpa de café el proceso de humificación se desarrolla más lentamente que en los otros materiales estudiados. El porcentaje de ácidos húmicos varía similarmente con la razón de polimerización y además las dos variables correlacionaron de manera altamente significativa y positiva ( $r=0,9493$ ), lo que indica un alto grado de asociación permitiendo inferir que el avance del proceso conduce a aumentos del contenido de carbono de ácidos húmicos.

La relación entre el carbono extraído y el carbono no extraído pone en evidencia el predominio de este último y permite su-

gerir sobre el estado de humificación de los materiales, así el lombricompost de pulpa de café y el compost de rosas son los de menor grado de humificación.

Es importante resaltar que la razón de humificación y el índice de humificación están altamente correlacionados de manera positiva ( $r=0,9757$ ), indicando un alto grado de asociación, luego tienen una tendencia similar durante el compostaje; a la vez cada uno de estos parámetros correlacionó positivamente con la relación carbono extraído / carbono no extraído ( $r=0,9733$  y  $r=0,9133$  respectivamente). De tales correlaciones es posible inferir que los parámetros de humificación aquí mencionados re-

dos húmicos extraídos de los materiales estudiados y los valores medios encontrados en ácidos húmicos de suelos.

En general los porcentajes para cada elemento son similares entre los materiales y se encuentran dentro del intervalo de los encontrados en suelos; en el caso del carbono, el compost de rosas presenta el menor porcentaje. Con relación a este mismo elemento, Kononova y Alexandrova citados por Inbar *et al.* (17) encontraron que los ácidos húmicos aislados de materiales obtenidos de residuos vegetales presentan contenidos relativamente altos de carbono (mayores al 50%), como es el caso de los materiales aquí estudiados.

**Tabla 4.** Composición Elemental de los Ácidos Húmicos.

%	Suelos	H1	H2	H3	H4	C1	C2
C *	50-60	57,64	58,34	57,55	58,77	54,20	58,78
H *	4-6	5,50	5,92	5,73	5,28	5,74	6,34
N *	2-6	4,28	3,88	4,13	3,79	4,14	5,88
O *	30-35	32,58	31,86	32,59	32,16	35,92	29,00

Los resultados son el promedio de dos replicaciones. Resultados expresados en Base libre de Cenizas.

flejan adecuadamente el estado de madurez de los materiales, puesto que además de un cambio significativo, aparentemente presentan un comportamiento definido durante el proceso, independiente del material orgánico compostado.

#### Caracterización de los Ácidos Húmicos

En la Tabla 4. aparecen los resultados de la determinación C, H, N, O de los áci-

Los ácidos húmicos del compost de clavel tienen un contenido superior de hidrógeno e inferior de oxígeno a los de suelos. Exhibe también el mayor contenido de nitrógeno que puede ser originado por la presencia de aminoácidos y tejidos enriquecidos con polipéptidos que no hayan sido degradados durante el corto tiempo de transformación (18).

En la Tabla 5. se encuentran las relaciones elementales C/H, C/N y C/O y la

**Tabla 5.** Relaciones Elementales,  $E_4 / E_6$  en Ácidos Húmicos y Relación C/N en los materiales.

Relaciones	H1	H2	H3	H4	C1	C2
C / H	10,5	9,8	10,0	11,1	9,4	9,3
C / N	13,5	15,0	13,9	15,5	13,1	10,0
C / O	1,8	1,8	1,8	1,8	1,5	2,0
$E_4 / E_6$	7,58	5,91	4,65	4,47	4,59	5,47
C / N (Material)	10,4	13,6	13,9	12,4	11,4	13,2

relación de absorbancias  $E_4/E_6$  de los ácidos húmicos. Las relaciones elementales no presentan amplias diferencias entre los materiales, cambios más evidentes se revelan en la relación  $E_4/E_6$ ; esta relación en ácidos húmicos de suelos es inferior a 5 y es indicativo de tamaños moleculares grandes y de un alto grado de condensación de los constituyentes de los ácidos húmicos (3,16). Así en los materiales de basuras biodegradables, clavel y especialmente en el de pulpa de café se presumirían tamaños moleculares pequeños, bajo grado de condensación y mayor contenido de estructuras alifáticas; y en los ácidos húmicos de los materiales de rosas y de desechos de cocina y de huerta, mayores tamaños moleculares, mayor grado de condensación y mayor contenido de estructuras aromáticas.

### Relación C/N

Tradicionalmente, el parámetro más utilizado para estimar la madurez de un compost es la relación C/N, pues su disminución durante el proceso presume un incremento del grado de humificación de la materia orgánica; sin embargo la común adición de sales nitrogenadas en el compostaje conduce a una mala estimación del

estado del material (2,5), esto se hizo evidente en el compost de clavel (Tabla 5.) que recibió durante el proceso úrea y al final presenta una relación C/N dentro del límite para composts maduros, es decir inferior a 15 (12), pero del cual otros parámetros evaluados han revelado que no posee un grado de madurez aceptable.

### CONCLUSIONES

1- El fraccionamiento de la materia orgánica puso en evidencia la baja extractabilidad del carbono orgánico y por ende del carbono de las otras fracciones, debido al corto tiempo de humificación de estos materiales con respecto al contenido encontrado normalmente en el humus de los suelos. 2- La razón de polimerización, la razón de humificación, el índice de humificación y la relación entre carbono extraído y carbono no extraído resultaron ser los parámetros más apropiados para estimar el grado de humificación en los materiales en estudio. 3- El análisis elemental de los ácidos húmicos reveló pocas diferencias entre los materiales y un alto contenido de estructuras alifáticas, cambios más evidentes se notan en la relación  $E_4/E_6$  por lo que se aconseja esta determinación para estudios posteriores.



4- La relación C/N no fue un indicador absoluto del grado de madurez de los composts, especialmente en los materiales de rosas y de clavel los que recibieron la adición de compuestos nitrogenados durante el proceso de compostaje.

### AGRADECIMIENTOS

Al CINDEC por el apoyo financiero y a COLJAP Industria Agroquímica por su colaboración con equipos e instalaciones.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Abad, M. *Memorias Curso Master Internacional de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos*. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 1996.
2. García, C., Hernández, T., Costa, F. y Ayuso, M. Evaluation of the Maturity of Municipal Waste Compost Using Simple Chemical Parameters. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 1992, 23, 1501-1512.
3. Stevenson, F. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. Wiley, New York. 1982.
4. Bendeck, M. *Caracterización del Humus en Suelos del Noroccidente del Caquetá*. Tesis (Magister Scientiae). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá. 1992.
5. Cegarra, J. *Memorias Seminario Estrategias Biotecnológicas en la Recuperación de Suelos de Laderas en Zonas Semiáridas*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Medellín. 1992.
6. Fernández, C. y Novo, R. *Vida Microbiana en el Suelo*. Pueblo y Educación, Madrid. 1988.
7. Parr, J., Papendick, R. y Colacicco, D. *Recycling of Organic Wastes for a Sustainable Agriculture*. In: *International Conference on Biological Agriculture*. A.B Academic Publishers, London. 1986.
8. Stenholm, C. y Waggoner, D. Low-input, Sustainable Agriculture: Myth or Method?. *J. Soil and Water Cons.* 1990, 45, 13-17.
9. Martínez-Iñigo, M. y Almendros, G. Kinetic Study of the Composting of Evergreen Oak Forestry Waste. *Waste Manage. Res.* 1994, 12, 305-314.
10. COLJAP. *Manual de Métodos del Laboratorio de COLJAP Industria Agroquímica*. Bogotá. 1995.
11. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (I.G.A.C.). *Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos*. Subdirección Agrológica, Bogotá. 1990.
12. Iglesias, E. y Pérez, V. Determination of Maturity Indices for City Refuse Composts. *Agric. Ecosyst. Environ.* 1992, 38, 331-343.
13. Giusquiani, P., Pagliali, M., Gigliotti, G., Businelli, D. y Benetti, A. Urban Waste Compost: Effects on Physical, Chemical and Biochemical Soil Properties. *J. Environ. Qual.* 1995, 24, 175-182.
14. Roletto, E., Barberis, R., Consiglio, M. y Jodice, R. Chemical Parameters

- for Evaluating Compost Maturity. *BioCycle*. **1985**, 26, 46-47.
15. Torrente, A. y Gómez, J. Metodología para la Extracción de Sustancias Húmicas de Lombri-compuestos y Evaluación de sus Rendimientos. *Suelos Ecuatoriales*. **1995**, 25, 43-46.
16. Chen, Y., Senesi, N. y Schnitzer, M. Information Provided on Humic Substances by E<sub>4</sub>/E<sub>6</sub> Ratios. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **1977**, 41, 352-358.
17. Inbar, Y., Chen, Y. y Hadar, Y. Humic Substances Formed during the Composting of Organic Matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **1990**, 54, 1316-1323.
18. Hernández, M., Moreno, J., Costa, F., González-Villa, F. y Fründ, R. Structural Features of Humic Acid-like Substances from Sewage Sludges. *Soil Sci.* **1990**, 149, 63-68.