

Rev. Fac. Agron. (Maracay) 20:167-176. 1994.

Caracterización de la materia orgánica de tres suelos venezolanos

Carmen Rivero T.¹ Jorge Paolini²

Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología. Apartado Postal 4579, Maracay, Aragua 2101. Venezuela.

² *Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.*

Aceptado para su publicación en noviembre, 1994.

ABSTRACT

Characterization of the organic matter of three soils was made: two Alfisols and one Inceptisol, all from agricultural areas in Venezuela. Native organic matter was characterized using the organic carbon distribution (C-Humin, C-Humic Acid and C-Fulvic Acid), the E_4/E_6 ratio, total acidity, and the RF and LogK of humic acids. Results showed, that the organic matter in these soils had a high reactivity (evaluated through total acidity) despite possessing an high aromatic condensation.

Key words: soil, organic matter, organic carbon.

COMPENDIO

La materia orgánica (MO) presente en tres suelos: dos Alfisoles y un Inceptisol, provenientes de áreas agrícolas del país fue caracterizada mediante la determinación de: la distribución del carbono orgánico (C-Huminas, C-Acidos Húmicos, C-Acidos Fúlvicos), la relación entre la absorbancia a 465 y 665 nm (E_4/E_6), y la acidez total. Así mismo, se aplicó el esquema de clasificación de los ácidos húmicos. Los resultados permitieron detectar que la materia orgánica de los suelos estudiados presenta una alta reactividad, evidenciada por su alta acidez total, a pesar de poseer una condensación aromática relativamente alta.

Palabras clave: suelo, materia orgánica, carbono orgánico.

INTRODUCCION

La MO del suelo es un todo heterogéneo donde la producción de formas estables de la misma es el resultado de una serie de reacciones de orden físico, químico y biológico, de carácter complejo. La MO estable del suelo está conformada, en general, por: moléculas de alto peso molecular, como los ácidos húmicos (AH), y moléculas de bajo peso molecular como los ácidos fúlvicos (AF). La estructura molecular de las sustancias húmicas, se visualiza como bloques de compuestos aromáticos unidos básicamente por puentes de hidrógeno, que contienen gran cantidad de grupos funcionales: carboxílicos, fenólicos, alcohólicos, enólicos, cetónicos e hidroxiquinonas, (Osterberg *et al.*, 1993).

Las sustancias orgánicas del suelo tienen una alta reactividad y propiedades fuertemente dependientes del pH del suelo, por cuanto constituyen una fuente de cargas variables de gran influencia sobre la capacidad de intercambio catiónico; además poseen tamaño coloidal, mostrando una elevada superficie

específica y una alta afinidad por el agua (Stevenson, 1982).

Por otra parte, estudiar la MO del suelo implica obviar la fase inorgánica, por lo que un gran número de investigadores han probado la bondad de diferentes sustancias extractantes (Kononova y Belchikova, 1961; Kononova, 1966; Schnitzer, 1977; Schnitzer y Schuppli, 1989 a, b), siendo las más usadas las bases fuertes y las sales neutras. Una vez extraída la MO debe ser caracterizada y una forma de hacerlo es gracias a su absorción de radiación en el ultravioleta y el visible (UV-VIS) como consecuencia de la presencia de diferentes estructuras químicas en las sustancias húmicas.

La absorción de radiación UV-VIS, por las sustancias húmicas, está definida por: grado de condensación de los anillos aromáticos presentes en las estructuras; relación entre el carbono contenido en estructuras aromáticas y alifáticas; contenido total de carbono y peso molecular (Kasatochkin *et al.*, 1964; Kononova, 1966; Schnitzer y Khan, 1978; Stevenson, 1982).

Entre los parámetros obtenidos mediante la absorción en el UV-VIS está la relación E_4/E_6 , la cual permite inferir acerca del grado de aromaticidad de las moléculas de sustancias húmicas, así valores bajos, implican un alto grado de aromaticidad, y valores altos indican un mayor contenido de cadenas alifáticas (Kononova, 1966). Además esta relación presenta una alta correlación con el contenido de radicales libres, O, C y COOH presentes en la molécula (Chen *et al.*, 1977), y guarda una alta dependencia del pH por cuanto éste define las estructuras químicas y la disociación de los grupos funcionales (Tsutsuki y Kuwatsuka, 1979).

Otra aplicación de la absorción de radiación en UV-VIS es la aportada por Kumada (1987), quien propuso un sistema de clasificación que permite la ubicación de los AH del suelo en cinco grupos: A, B, Rp, P₀ y P, de acuerdo a su posición en un sistema de ejes coordenados (Figura 1), previa obtención del LogK y el RF.

El esquema permite inferir acerca de: grado de aromaticidad ($A \gg B, P \gg Rp$); acidez total y contenido de grupos carboxílicos y carbonilos ($Rp \gg P_0 \gg B \gg A$); contenido de grupos hidroxilos y metoxilos ($A \gg B \gg P_0 \gg Rp$); contenido de grupos funcionales en general ($Rp \ll B$ y $P \ll A$); contenido de nitrógeno total ($Rp \gg P_0 \gg B \gg A$).

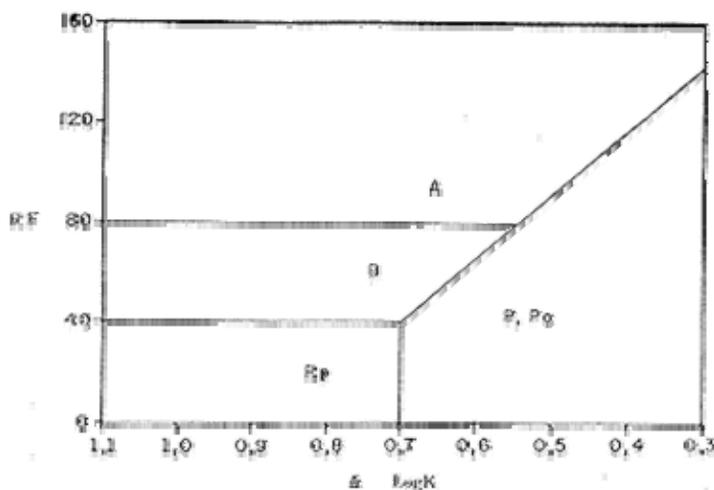


FIGURA 1. Diagrama de clasificación de Kumada (1987).

En Venezuela, se han realizado algunos estudios dirigidos a la caracterización de la materia orgánica nativa de los suelos: fraccionamientos de la MO en suelos de la serie Maracay (Sustacha, 1969); Paolini (1980) caracterizó las sustancias húmicas de un Oxisol y un Spodosol en el estado Amazonas; Rodríguez de L. (1982) lo hizo para suelos del alto y bajo llano; Paolini y Chitty (1990) para Alfisoles y Vertisoles de los llanos, en el área de Mantecal, estado Apure. También se han evaluado los contenidos de sustancias húmicas, para explicar la persistencia de plaguicidas en los suelos (Rivero, 1984). Este trabajo tiene como objetivo principal contribuir a los esfuerzos tendientes a lograr un conocimiento detallado de la materia orgánica de los suelos venezolanos, mediante la determinación de sus principales características.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en el Instituto de Edafología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, en Maracay.

Los suelos utilizados provinieron de áreas de importancia agrícola en el país, y representan una escala creciente en el contenido de MO, además de presentar problemas de carácter químico, físico o asociados a bajos niveles de materia orgánica. Los suelos usados se denominaran en adelante: Yaritagua, ubicado en la Estación Experimental Yaracuy del FONAIAP en el estado Yaracuy; Valle de la Pascua, situado en la zona de Valle de la Pascua y Turén ubicado en la Colonia Agrícola Turén estos últimos pertenecientes a productores. El Cuadro 1 muestra las principales características de los mismos.

La extracción de las sustancias húmicas, se realizó separando el humus soluble de las húminas, fracción insoluble, mediante una extracción alcalina, utilizando NaOH 0.1M, en una relación suelo:extractante 1:10. Las muestras fueron agitadas bajo atmósfera de nitrógeno durante 12 horas, separándose el extracto por centrifugación a 10000 rpm. Luego se procedió a fraccionar el extracto alcalino, en AH y AF, por su solubilidad diferencial en ácidos y álcali (Kononova, 1966).

Los AH y AF fueron sometidos a un proceso de purificación y limpieza. Los primeros fueron tratados con ácido fluorhídrico para reducir su contenido de cenizas y luego fueron diálizados en membrana Spectrapor, proceso que se llevo a cabo hasta la ausencia de cloruros en el agua, posteriormente dichos ácidos fueron liofilizados para su caracterización. La purificación de los AF, se logró usando columnas de resinas del tipo XAD-8 (Aiken *et al.*, 1979), luego fueron pasados a través de una resina de intercambio catiónica, Chelex 111, y por último se liofilizaron.

Cuadro 1. Características de los suelos utilizados

Característica	Suelo Yaritagua	Suelo Valle de la Pascua	Suelo Turen
pH	6.40	5.00	6.90
Conductividad (mScm ⁻¹)	0.12	0.027	0.25
Materia organica (g kg ⁻¹)	6.4	4.1	27.0
Fósforo (mg kg ⁻¹)	6.30	2.0	7.6
Potasio (mg kg ⁻¹)	51.9	21.7	106
Calcio (mg kg ⁻¹)	5078	183	376
Carbono orgánico (g kg ⁻¹)	3.7	2.4	15.7
Nitrógeno (g kg ⁻¹)	1.5	0.8	4.0
Arena (%)	37.6	79.6	0
Limo	39.6	11.6	43.2

Arcilla	22.8	8.8	56.8
Clasif. textural	Franco	Areno-Francoso	Arcillo-Limoso
Clasif. taxonomica	Alfisol	Alfisol	Inceptisol

La caracterización de las sustancias húmicas, se fundamentó en cuatro determinaciones: carbono orgánico, acidez total, relación E_4/E_6 y la aplicación del esquema de clasificación de Kumada (1987).

Para la obtención del carbono orgánico se usó el método de Walkley y Black (ICA, 1989). La acidez total, se obtuvo colocando entre 50 y 100 mg de preparación húmica, en una fiola de 125 ml y se añadieron 20 ml de $Ba(OH)_2$ 0.2 N, preparándose simultáneamente un blanco, con 20 ml del mismo hidróxido, en ambos caso se desplazó el aire de la fiola, usando nitrógeno, se tapó y se agitó por 24 horas, a temperatura ambiente, luego se tituló potenciométricamente, con HCl 0.5 N hasta pH 8.4; la acidez total se calculó tomando en cuenta la corrección del volumen de ácido en función de la cantidad consumida por el blanco.

La relación E_4/E_6 se obtuvo preparando una solución de AH o AF en $NaHCO_3$ a pH 8.2 - 8.8, a dicha solución se le midió la absorbancia a 465 nm y 665 nm, usando un espectrofotómetro.

Para la aplicación del esquema de clasificación de Kumada (1987) se preparó una solución alcalina de AH y se midió la absorbancia a 400 y 600 nm; 30 ml de dicha solución fueron titulados con $KMnO_4$, lo que permitió calcular el RF y el logK, según las siguientes expresiones:

$$RF = K_{600} \times 1000/c$$

donde K_{600} es la absorbancia de la solución a 600 nm y c es el volumen de $KMnO_4$ gastado en la titulación y

$$\text{LogK} = \text{LogK}_{400} - \text{LogK}_{600}$$

donde K es la absorbancia de la solución a 400 y 600 nm respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

Mediante la aplicación de las distintas metodologías mencionadas se logró la obtención de las principales características de la materia orgánica de los tres suelos estudiados; a continuación se presentaran y discutirán los resultados obtenidos para cada una de las variables evaluadas.

Distribución del carbono orgánico

La distribución del carbono orgánico de las distintas fracciones se visualizan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución del carbono orgánico de los suelos estudiados

Tipo de carbono orgánico	Suelo Yaritagua	Suelo Valle de la Pascua	Suelo Turen
No extraído (húminas)	55.75%	50.85%	32.48%
Substancias húmicas	44.25%	49.15%	67.52%

Acidos húmicos (AH)	29.54%	36.81%	57.69%
Acidos fúlvicos (AF)	14.71%	12.34%	9.83%
Relación AH/AF	2.01	2.98	5.87

Los suelos Yaritagua y Valle de la Pascua tienen un alto contenido de carbono orgánico en las fracciones no extraíbles de los mismos mientras que en el suelo Turén sucede lo contrario. En los tres casos el carbono asociado a los AH supera al de los AF, lo cual es visualizado rápidamente mediante el establecimiento de la relación AH/AF de dichos suelos (Cuadro 2).

Relación E_4/E_6

La obtención de la relación E_4/E_6 , arrojó los resultados agrupados en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Relación E_4/E_6 de los ácidos húmicos y fúlvicos de los suelos estudiados

Suelo	E_4/E_6	
	Acidos húmicos	Acidos fúlvicos
-		
Yaritagua	3.86	6.50
Valle de la Pascua	5.53	6.00
Turen	4.82	8.00

Los AH de los tres suelos presentan valores bajos de esta relación, indicando que, en los mismos hay un alto grado de condensación de los constituyentes aromáticos; ésto difiere de lo señalado por Schnitzer, 1977, quien asigna a los ácidos húmicos tropicales valores de E_4/E_6 comprendidos entre 5.0 y 5.8; sin embargo Paolini, 1980, trabajando en suelos venezolanos indica valores similares a los encontrados acá. Por otra parte, el suelo Turén a pesar de contener una alta proporción de AH, presenta un menor grado de condensación que los del suelo Yaritagua, el cual presenta una menor proporción de dichos ácidos, lo que debe estar asociado bien a condiciones físicoquímicas derivadas de características del suelo, tal como el pH, que gobiernan el tipo de compuesto orgánico formado, o bien, a la actividad biológica del suelo, ya sea por la presencia de poblaciones microbianas distintas o por diferencias en la sucesión de las distintas poblaciones.

Para los AF, los valores se ubican en los rangos característicos para este tipo de compuestos. Sin embargo, cabe resaltar la inconveniencia de generalizar en zonas tropicales ya que las variaciones edafoclimáticas son grandes en dicha zona y el uso y manejo de estos suelos contribuyen a la diferenciación de los compuestos orgánicos de los mismos.

Acidez total

Los valores de acidez total se presentan en el Cuadro 4; destacando que los AF presentan los mayores valores ocasionados por un mayor contenido de grupos funcionales, los cuales pueden ser del tipo COOH u OH fenólicos, detectables por esta metodología (Posner, 1966). Además, el suelo Turén, menos evolucionado, presenta los valores mas elevados, ligados al menor grado de condensación detectado en los ácidos de estos suelos.

Cuadro 4. Acidez total (meq/g de material húmico) acidos húmicos y fúlvicos de los suelos estudiados

--	--	--

Suelo	Acidos húmicos	Acidos fúlvicos
Yaritagua	7.16	9.74
Valle de La Pascua	7.49	8.99
Turen	8.50	10.20

Clasificación de los ácidos húmicos

Para la aplicación del sistema de clasificación planteado por Kumada (1987), los valores de LogK y de RF obtenidos para cada suelo, permitieron ubicarlos en el diagrama mostrado en la Figura 1, esto condujo a clasificar los AH de dichos suelos en los grupos mostrados en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Clasificación de los ácidos húmicos de los suelos estudiados

Suelo	RF	LogK	Tipo
Yaritagua	50.8	0.82	B
Valle de la Pascua	74.0	0.60	B
Turen	31.3	0.84	Rp

Se observa entonces, que los suelos Yaritagua y Valle de la Pascua presentan AH de mayor condensación aromática que los del suelo Turén.

CONCLUSIONES

Los resultados permitieron concluir que en los suelos estudiados hay un predominio de los AH sobre los AF y que en el caso de los suelos Yaritagua y Valle de la Pascua los AH pertenecen a un mismo grupo, caracterizado por un moderado grado de la condensación de sustancias aromáticas, sin llegar a los máximos estados del mismo; ésto está ligado a la presencia de formas mas estables de los AH; en el caso del suelo Turén, los ácidos encontrados son los característicos de los primeros estados de humificación de la materia orgánica donde se observa influencia de los compuestos orgánicos formadores de los tejidos vegetales, ligninas, taninos, polifenoles, etc.; ésto es compatible con el hecho que estos suelos son menos evolucionados que los anteriores.

El resultado de la aplicación de este esquema es coincidente con los obtenidos para la acidez total, donde se observa una mayor reactividad en los AH del suelo Turén. Se cree que este esquema podría constituir una herramienta de aplicación sencilla y rápida para inferir acerca de la "calidad" de la materia orgánica del suelo.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la UCV por el soporte financiero de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Aiken, G.R.; E. M. Thurman; R. L. Malcolm. 1979. Comparison of XAD-8 macroporus resins for the concentration of fulvic acid from aqueous solution. Anal. Chem. 51:1799-1803.
2. Chen, M.; M. Senesi; M. Schnitzer. 1977. Information provided on humic substances by $E_4:E_6$ ratios. Soil Sci. Soc. Am. J. 41:353-357.
3. ICA. 1989. El análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Manual de asistencia técnica

- (Bogotá). N. 47. 253 p.
4. Kasatochkin, V., M. Kononova, N. Larina; O. Egorova. 1964. Trans. Int. Congr. Soil Sci. 8th Bucarest III, pp 81-86. In Schnitzer, M.; S.U. Khan. (eds.) 1978. Soil Organic Matter. New York, Elsevier Scientific Publishing Co. 319 p.
 5. Kononova, M. 1966. Soil organic matter. 2^a Ed. Pergamon Press, Oxford. 404 p.
 6. Kononova, M.; N. Belchikova. 1961. Rapid method of determining the humus composition of mineral soil. Sov. Soil Sci. 10:75-87.
 7. Kumada, K. 1987. Chemistry of Soil Organic Matter. Japan Scientific Societies Press. Elsevier. Tokyo. 241 p.
 8. Osterberg, R.; I. Lindqvist; K. Martensen. 1993. Particle size of humic acid. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:283-285.
 9. Paolini, J. 1980. Caracterización de las sustancias húmicas extraídas de suelos típicos del bosque húmedo tropical de San Carlos de Rio Negro, T. F. Amazonas. Acta Cient. Venezolana 31:415-420.
 10. Paolini, J.; W. Chitty. 1990. Gel chromatography of humic substances from soil of the Venezuelan plains (llanos). Sci. Total Environm. 91:107-114.
 11. Posner, A.M. 1966. The humic acids extracted by various reagents from a soil. Part I. Yield, inorganic components and titration curves. J. Soil Sci. 17:65-78.
 12. Rivero, C. 1984. Evaluación de niveles actuales de plaguicidas organoclorados en suelos de un sector de la Cuenca del Lago de Valencia. U.C.V. Facultad de Agronomía. Trabajo de Ascenso. 85 p.
 13. Rodríguez de L., S. 1982. Caracterización de la materia orgánica de suelos del alto y del bajo llano. Trabajo de Grado MSc. IVIC. CEA. Caracas. 141 p.
 14. Schnitzer, 1977. Recent findings on the characterization of humic substances extracted from soil from widely differing climatic zones. Soil Organic Matter Studies. Proceeding of Symposium. Braunschweig. IAEA. Viena. pp. 117 -131.
 15. Schnitzer, M.; S. U. Khan (Eds.). 1978. Soil organic matter. New York, Elsevier Scientific Publishing Co. 319 p.
 16. Schnitzer, M.; P. Schuppli. 1989. The extraction of organic matter from selected soils and particle size fractions with 0.5 M NaOH and 0.1 M Na₄P₂O₇ solutions. Can. J. Soil Sci. 69:253-262.
 17. Schnitzer, M.; P. Schuppli. 1989. Method for the sequential extraction of organic matter from soil fractions. Soil Sci. Soc. Am. J. 53:1418-1424.
 18. Stevenson, F. J. 1982. Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reactions. New York, John Wiley and Sons. 443 p.
 19. Sustacha, de J. 1969. Fraccionamiento de la materia orgánica en suelos de la serie Maracay. U.C.V. Facultad de Agronomía. Trabajo de Ascenso. 39 p.
 20. Tsutsuki, K; S. Kuwatsuka. 1979. Chemical studies on soil humic acid. Soil Sci. Plant Nutr. 25:365-371.