

Algunas consideraciones acerca de los estudios sobre la materia orgánica de suelos venezolanos

Some consideration about organic matter studies on Venezuelan soils

Carmen Rivero

Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, UCV

RESUMEN

Se revisa algunas de las informaciones producidas sobre la evaluación de las características de la materia orgánica, bien en su condición nativa, bien el efecto producido por prácticas de manejo, en suelos venezolanos. Se hace especial hincapié en las investigaciones vinculadas al Instituto de Edafología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela.

Palabras clave: materia orgánica, suelos venezolanos, residuos orgánicos, ácidos húmicos.

ABSTRACT

Some information about the evaluation of soil organic matter characteristic of Venezuelan soils were revised, well in their native condition, and in conditions where the soil organic matter has been affected as a consequence of management practices. Special attention has been focused in the investigations linked to the Institute of Edafology of the Faculty of Agronomy of the Central University of Venezuela.

Key words: organic matter, Venezuelan soils, organic residues, humic acids.

Recientemente se ha señalado que la población mundial alcanzará unos 9 billones antes del año 2050, esto nos ubica en la magnitud de los requerimientos de producción de alimentos y nos convoca a la urgencia de internalizar los criterios de sostenibilidad de los ecosistemas, naturales e intervenidos, para garantizar dicha producción. En las últimas décadas se ha comprendido la necesidad de disponer de una clara definición del concepto "sostenibilidad". La cabal comprensión de estos aspectos se inicia de manera formal posiblemente en 1975, cuando Greenland estableció lo que se ha dado en llamar los principios básicos de la sostenibilidad:

- Debe producirse una reposición de los nutrimentos exportados del suelo vía cosecha por los cultivos.
- Debe mantenerse la condición física del suelo.
- Debe mantenerse constante o incrementarse el contenido de materia orgánica estable del suelo.
- No deben incrementarse las plagas, malezas y enfermedades.
- No debe incrementarse la acidez o presencia de elementos tóxicos.
- Debe controlarse la erosión.

Estos principios surgieron en una clara oposición a la visión insumo-rendimiento que caracterizó la época de la "revolución verde". En este caso el monocultivo se planteó como el sistema ideal para lograr los máximos rendimientos sin tener en cuenta la visión integral de los sistemas agrícolas. El enfoque sistémico, contenido en estos principios, inició la generación de propuestas de manejo basadas en la sostenibilidad. En 1987 la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, de las Naciones Unidas presentó un informe que destacó la incompatibilidad de los modelos de producción vigentes y el uso racional de los recursos naturales. Este informe lleva a la declaración vertida en el principio N° 3 de la Cumbre de la tierra (1992) que plantea que: "el desarrollo sostenible es aquel que satisface las necesidades

actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas”.

Estos enfoques conllevan la necesidad de evaluaciones continuas que ofrezcan una visión de la dirección de los cambios que se producen en los sistemas y sus distintos compartimentos, en este momento nos ocuparemos de uno de ellos en particular: **El Suelo**.

En primer término se inició la búsqueda de parámetros que definieran el estado de un suelo y su respuesta a una práctica particular y es así como surgen opciones como la de Doran y Parkin (1994), quienes plantean el término “calidad de suelos” y la definen como la capacidad del suelo para funcionar dentro de un ecosistema sosteniendo la productividad biológica, manteniendo la calidad del ambiente y promoviendo la salud animal y vegetal.

Ante esto se surge como requerimiento la evaluación de variables respuesta a los cuales se les ha dado el nombre de indicadores y los cuales han sido agrupados en tres tipos: físicos, químicos y biológicos.

En esta revisión se concentrará el esfuerzo en un indicador químico de particular importancia: la materia orgánica del suelo, dado su efecto sobre la estructura, la retención de humedad, la capacidad buffer y la disponibilidad nutrientes para las plantas y microorganismos. Se pretende además concentrar el interés en el avance que ha tenido la evaluación de este indicador en Venezuela en las últimas décadas.

En las zonas tropicales existen grandes extensiones de tierras caracterizadas por la presencia de suelos altamente evolucionados, muchos de los cuales están afectados por problemas de acidez y baja fertilidad química natural, hecho que es especialmente cierto en el país. A esto se suma que el carbono orgánico, vital para la sostenibilidad es perdido con relativa facilidad dada la acción de factores ambientales que favorecen el fenómeno de oxidación.

En Venezuela es posible señalar que suelos con contenidos de carbono orgánico entre 4 y 6 % pueden descender rápidamente a contenidos inferiores al 1 % luego de ser incorporados al proceso productivo (Rivero, 1999). Consecuencia de la desaparición de la materia orgánica (MO), existe en Venezuela una problemática bastante compleja de degradación física y química de los suelos atribuida a los bajos niveles de carbono orgánico. A continuación se intentará obtener una panorámica acerca del conocimiento que se tiene de la MO en condiciones de Venezuela. Se incluye básicamente la información obtenida por las investigaciones vinculadas al Instituto de Edafología de Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela en estudios acerca de la materia orgánica de los suelos del país.

Estimaciones de los aportes de materia orgánica en suelos de Venezuela

No son numerosos los intentos hechos para estimar el aporte de residuos orgánicos en las condiciones venezolanas, en tal sentido, Cuevas (1983) y Cuevas y Medina (1986) indican un aporte de alrededor de $8,0 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ de materia seca en el bosque amazónico. En los sistemas agrícolas los aportes como residuos de cosecha tampoco han sido estimados en forma precisa, pero se indica que los valores oscilan desde menos de 1 Mg hasta alrededor de $15 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ de materia seca, este amplio rango es función del tipo de sistema considerado (Sánchez, 1976).

Casanova (1981) señala la alta potencialidad que tiene el país en la producción de materiales orgánicos que podrían usarse en el proceso agrícola. No obstante, dicho uso induce modificaciones en el suelo que es necesario evaluar. En sistemas de pastos Romero *et al.* (2003) señalan producciones de 2.384, 1.945 y 1.895 kg MS/ha/corte para *B. humidicola*, *B. brizantha* y *B. decumbens* respectivamente.

Existe además una producción de materiales orgánicos, de origen industrial, que estarían disponibles para el uso, pero que hasta ahora el uso agrícola es mínimo. Ejemplo de las producciones son los datos presentados por Luque (2003) quien señala que la industria cervecera produce unos 40 Mg/ día de lodos y los de Atacho *et al.* (2003), ellos indican que para producir alcohol etílico se generan alrededor de 440 Mg/año de lodos residuales.

Caracterización de la materia orgánica de suelos venezolanos.

En la década de 1970-1980 surgen en Venezuela los primeros esfuerzos con el objetivo de evaluar la calidad de la MO del suelo, Sustacha (1969) y Brito (1972) estos trabajos presentaron una marcada concentración hacia los aspectos metodológicos, justificado posiblemente, por la necesidad de responder a si los métodos utilizados en suelos de climas templados podrían ser utilizados sin restricciones en las condiciones del país.

Paolini (1980) marca el inicio de los estudios sistemáticos sobre la caracterización de la materia orgánica de suelos venezolanos, y lo hace con el estudio de la fracción orgánica de suelos del bosque húmedo amazónico, en sus evaluaciones utilizó métodos químicos y espectroscópicos. Este estudio permitió asignar a los ácidos húmicos obtenidos las características mostradas en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Características de los ácidos húmicos extraídos de suelos del bosque húmedo amazónico (Adaptado de Paolini, 1980).

Tipo de suelo	Horizonte	COOH	OH-fenólicos	AT ¹	pKa	E4/E6
		(cmoles.K ⁻¹)				
Oxisol	Ah	241	483	724	4,95	5,11
Spodosol	Ah	290	425	715	5,00	
Spodosol	Bh	390	428	818	4,90	8,10

El autor señala que la MO de los suelos estudiados presentó estructuras semejantes a las señaladas para suelos de clima templado así como una alta reactividad reflejada por su elevada acidez total, dentro de la cual los OH-fenólicos constituyeron los grupos reactivos más importantes. En el estudio también se destaca la diferencia entre los ácidos húmicos de los suelos estudiados, la existencia de una posible quelación del hierro por los materiales orgánicos así como la formación de complejos órgano minerales con la caolinita.

Rodríguez (1982) con la aplicación de técnicas similares caracterizó los ácidos húmicos y fúlvicos de suelos del alto y bajo llano venezolano, en ambos casos se observó un predominio de la fracción fúlvica sobre la húmica, es decir, moléculas orgánicas de menor tamaño molecular. Los ácidos fúlvicos extraídos de suelos del bajo llano resultaron de un tamaño molecular mayor que los del alto llano. En el caso de los ácidos húmicos no se obtuvieron diferencias para las zonas ecofisiológicas estudiadas. La autora indica que los suelos bajo inundación periódica presentaron mayores valores de la relación E₄/E₆.

La prosecución de estudios de esta naturaleza ha generado cada vez mayor cantidad de información sobre la MO de los suelos venezolanos. Rivero (1993) y Rivero y Paolini (1994) aportan información sobre la MO de suelos agrícolas, dos Alfisoles (uno del valle medio del río Yaracuy y otro de los llanos centrales) y un Inceptisol proveniente de la Colonia Agrícola de Turén. La caracterización por ellos obtenida es ilustrada en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características de los ácidos húmicos y fúlvicos de tres suelos agrícolas venezolanos (Adaptado de Rivero y Paolini, 1994).

Suelo	Orden	Ácidos húmicos		Ácidos fúlvicos	
		AT ¹ mmol.g ⁻¹	E4/E6	AT ¹ mmol.g ⁻¹	E4/E6
Yaritagua	Alfisol	7,16	3,86	9,74	6,50
Valle de la Pascua	Alfisol	7,49	5,53	8,99	6,00
Turén	Inceptisol	8,50	4,82	10,20	8,00

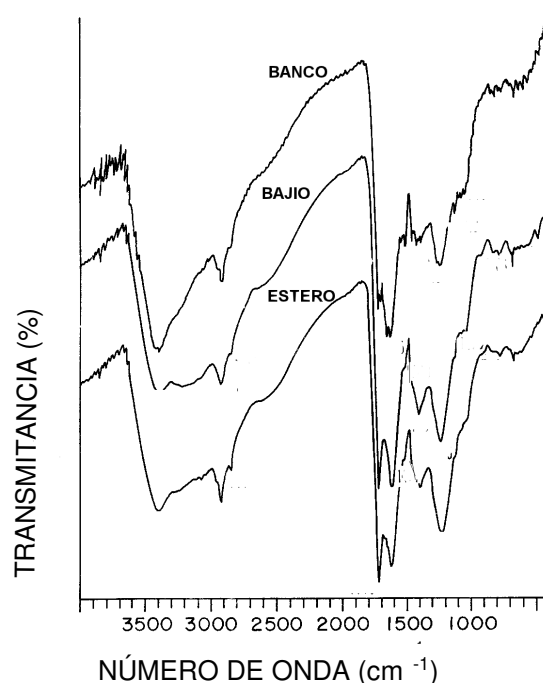
¹=Acidez Total

En estos trabajos se usó además el esquema de clasificación planteado por Kumada (1987) lo que permitió ubicar los ácidos húmicos en dicho esquema (Cuadro 3). Esto llevó a concluir que en los suelos estudiados predominan los ácidos húmicos sobre los fúlvicos y que en ambos casos hay una elevada acidez total, lo que implica que el material orgánico presenta una elevada reactividad. Los dos Alfisoles clasificaron como tipo B de Kumada, grupo cuyas principales características son una moderada condensación aromática. El Inceptisol en cambio clasificó como Rp, es decir materiales con menor grado de condensación y polimerización, compatible con el grado de evolución de estos suelos.

Cuadro 3. Parámetros del esquema de Kumada obtenidos para suelos agrícolas venezolanos (Adaptado de Rivero y Paolini, 1994)

Suelo	RF	Log K	Tipo de Acido Húmico
Yaritagua	50,8	0,82	B
Valle de la Pascua	74,0	0,60	B
Turén	31,3	0,84	Rp

Con el uso de técnicas como el infrarrojo y la resonancia de spin electrón (RSE), se han aportado mayores detalles a este tipo de caracterizaciones en tal sentido Rivero *et al.* (1998a) muestran los espectros infrarrojos para los ácidos húmicos de los suelos de una toposecuencia banco-bajío-estero los llanos venezolanos (Figura 1 y Cuadro 4).

**Figura 1.** Espectros de IR-FT para suelos de una toposecuencia banco-bajío-estero en los llanos venezolanos (Adaptada de Rivero *et al.*, 1998a)**Cuadro 4.** Características de los ácidos húmicos de una toposecuencia banco-bajío-estero en los llanos venezolanos (Adaptado de Rivero *et al.*, 1998a)

Suelo	IFR ¹	Radicales Libres (Spin $\times 10^{17}$.g-1)	Amplitud de Línea (Gauss)	Valor g Radicales Libres	valor g Hierro
Banco	20,9	1,53	6,4	2,0039	4,2
Bajío	8,7	2,40	6,6	2,0042	4,3
Estero	15,2	4,17	6,1	2,0044	4,3

¹=Intensidad de la fluorescencia relativa

Sobre la base de estas evaluaciones se plantea que estos suelos presentan contenidos importantes de grupos aromáticos o sistemas conjugados insaturados. Los ácidos húmicos de las posiciones mas bajas mostraron menor grado de polimerización y mayor contenido de grupos funcionales y radicales libres atribuible a la inundación temporal de dichos suelos.

Un análisis elemental y de las relaciones atómicas (Cuadro 5) pusieron de manifiesto los efectos de la saturación del suelo durante algún tiempo en el año, es decir un incremento en los contenidos de carbono y nitrógeno y descenso en los de hidrógeno a medida que se desciende en la toposecuencia, lo cual es consistente con la acumulación de materia orgánica en el suelo sometido a inundación temporal.

Cuadro 5. Composición elemental y relaciones atómicas de los ácidos húmicos de una toposecuencia de los llanos venezolanos (Adaptado de Rivero *et al.*, 1998a).

Suelo	% C	% H	% N	% S	% O	C/H ¹	C/N ¹	O/C ¹
Banco	50,12	4,86	4,07	0,37	40,58	0,86	14,37	0,61
Bajío	50,37	4,19	4,13	0,28	41,03	1,00	14,23	0,61
Estero	53,43	4,55	4,26	0,35	37,41	0,98	14,63	0,53

¹= Relaciones atómicas

Rivero *et al.* (1998b) estudiaron los ácidos húmicos extraídos de suelos de distintos órdenes y localidades del país. Los Cuadros 6 y 7 ilustran las principales características químicas y espectroscópicas obtenidos por estos autores.

Los autores señalan además que el uso de espectroscopía infrarrojo de estos mismos suelos mostró la presencia de: grupos OH y varios grupos funcionales hidroxilados, C-H alifático, C=O aromático, grupos COO⁻, grupos alifáticos (cadenas de CH₂) y grupos carbonilos y carboxilos.

Cuadro 6. Acidez y grupos funcionales de los ácidos húmicos de seis órdenes de suelos venezolanos (Adaptado de Rivero *et al.*, 1998b).

Suelo	Tipo de vegetación o uso	COOH mmol.g ⁻¹	OH-fenólicos mmol.g ⁻¹	AT ¹ mmol.g ⁻¹
Inceptisol	Bananos	3,15	4,55	7,70
Alfisol	Sorgo	2,50	4,15	6,65
Entisol	Sabana	2,09	9,68	11,77
Vertisol	Estero	2,12	3,34	5,47
Oxisol	Bosque Alto	2,41	4,83	7,24
Spodosol	Caatinga	2,90	4,25	7,15

¹= acidez total

Cuadro 7: Características ESR de los ácidos húmicos de seis órdenes de suelos venezolanos (Adaptado de Rivero *et al.*, 1998b).

Suelo	E ₄ /E ₆	IFR ¹	Radicales Libres (Spinx10 ¹⁷ .g ⁻¹)	Amplitud de Línea (Gauss)	Valor g
Inceptisol	4,8	4,7	9,4	6,8	2,0041
Alfisol	4,9	5,4	nd ²	Nd	Nd ²
Entisol	5,0	15,3	1,2	7,3	2,0036
Vertisol	4,9	15,2	4,6	6,1	2,0044
Oxisol	5,1	6,2	0,9	7,1	2,0041
Spodosol	6,1	4,1	1,4	6,4	2,0041

¹= intensidad de la fluorescencia relativa; ²= no determinado

En general, los ácidos húmicos de los suelos estudiados mostraron una elevada acidez total, especialmente el Entisol lo cual es característico de la presencia de materiales orgánicos con bajo grado de condensación aromática, coherente además con el hecho de ser un suelo con menor grado de evolución. La caracterización espectroscópica reveló la presencia de núcleos aromáticos de alto grado de sustitución además de sistemas conjugados insaturados. Los valores g señalados son típicos de radicales libres en las macromoléculas húmicas. Los autores plantearon la imposibilidad de calcular los parámetros RSE, en el caso del suelo Alfisol debido a la amplia señal de resonancia típica del Fe^{3+} (Figura 2). Esta amplia señal, tiene un valor g alrededor de 4,2 – 4,3 que obedece a presencia del hierro en complejos del tipo intraesfera, en coordinación tetraédrica u octaédrica con los grupos funcionales oxigenados de las macromoléculas húmicas.

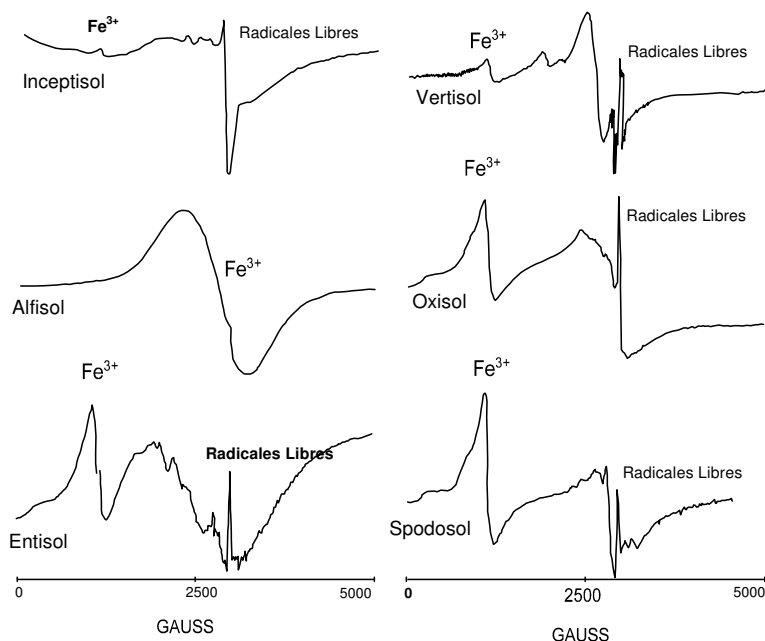


Figura 2: Espectros ESR de los ácidos húmicos de seis ordenes de suelos venezolanos (Adaptada de Rivero *et al.*, 1998b).

En resumen, se ha encontrado que la materia orgánica de los suelos estudiados tiene un alto grado de reactividad, contradiciendo lo que hasta ahora ha constituido un paradigma para los suelos de condiciones tropicales: baja reactividad de su fracción orgánica.

Figuera *et al.* (2005) estudiaron la materia orgánica de tres suelos venezolanos para obtener índices acerca de la calidad de la misma, dicho estudio incluyó el fraccionamiento físico de la MO, lo que permitió conocer la cantidad de carbono presente en la MO mas lábil de dichos suelos. Los cuadros 8 y 9 muestran los resultados obtenidos.

Cuadro 8. Índices de calidad de la MOS (Adaptado de Figuera *et al.*, 2005)

SUELO	CET/COT	CAH/CAF	IH	GH (%)	RH (%)
ENTISOL	53 %	2,22	1,19	46,15	24,14
ULTISOL	58 %	7,31	1,44	27,94	16,20
VERTISOL	63 %	2,50	1,84	34,59	21,81

COT = Carbono orgánico total; CET = Carbono extraíble total; C/N = relación carbono/nitrógeno; CAH/AF = Relación carbono en ácidos húmicos/carbono en ácidos fúlvicos; IH = % de índice de humificación $[(C/NH)/(CAH+CAF)]$; GH = Grado de humificación $[(CAH+CAF)/CET] * 100$; RH = Relación de humificación $[(CAH+CAF)/COT] * 100$

Cuadro 9. Contenido de C y N en el suelo completo y cada una de las fracciones separadas (Adaptado de Figuera *et al.*, 2005)

Fracción	Variable	Entisol	Ultisol	Vertisol
Suelo completo	C (g/Kg)	7,84 (0,311) 1)	8,59 (0,983)	15,49 (3,880)
	N (g/Kg)	0,53 (0,141)	0,36 (0,017)	0,92 (0,136)
	C/N	15,62 (4,51)	24,26 (1,807)	16,71 (2,219)
FL	C (g/Kg)	261,33 (37,281)	261,37 (22,496)	234,76 (71,078)
	N (g/Kg)	7,04 (0,795)	6,68 (0,394)	5,63(1,254)
	C/N	37,26 (5,327)	39,07 (3,504)	43,22(14,530)
FPf	C (g/Kg)	43,00 (8,187)	62,61(1,437)	29,44 (6,005)
	N (g/Kg)	2,33 (0,317)	2,27 (0,088)	1,42 (0,284)
	C/N	18,41(3,670)	27,57(1,475)	20,66 (0,111)
FPg	C (g/Kg)	17,39 (0,797)	21,22(2,063)	45,56 (10,598)
	N (g/Kg)	0,09 (0,019)	0,08(0,021)	1,05 (0,222)
	C/N	173,75 (8,016)	212,25 (20,271)	43,32 (0,855)

FL = Fracción ligera; FPf = Fracción pesada asociada a las partículas finas; FPg = Fracción pesada; asociada a partículas gruesas; C = Carbono; NT = Nitrógeno Total 1) Los valores en paréntesis representan la desviación estándar

Uso de residuos orgánicos y su efecto sobre la MO en suelos Venezolanos

Como se ha señalado Venezuela no ha escapado a la aplicación de los paradigmas de la sostenibilidad y por ello se han venido instrumentando prácticas de manejo que conlleven a mejorar o al menos mantener los niveles de MO del suelo, en consecuencia se ha planteado el uso sistemático de residuos orgánicos, tanto de origen agrícola y pecuario como industrial.

El uso mas intensivo de residuos pecuarios se produce en áreas como los Andes y el estado Lara, sin embargo sus beneficios solo se han visualizado desde el punto de vista económico: descenso del uso de fertilizante e incrementos en los rendimientos. Las evaluaciones sistemáticas acerca de los efectos sobre las características de los suelos son relativamente escasas. En caso de los residuos de origen agrícola el uso depende mucho de las características de las fincas y al igual que el caso anterior se tienen pocas evaluaciones.

No obstante, en los últimos años se ha puesto en marcha la realización de investigaciones para cubrir esta deficiencia de información. Se ha evaluado el efecto de distintos tipos de materiales sobre la materia orgánica nativa y sobre propiedades químicas, físicas y biológicas para algunos suelos del país. En relación al efecto sobre la MO nativa Rivero *et al.* (1997) señalan que la utilización de residuos de *Crotalaria juncea*, con y sin fertilización química, induce cambios en la composición elemental y en la concentración de radicales libres de la MO del suelo. Los Cuadros 10 y 11 muestran los resultados reseñados por estos autores.

Cuadro 10. Efecto de la adición de residuos orgánicos sobre la composición elemental y acidez total (AT) de los ácidos húmicos del suelo El Sombrero (Adaptado de Rivero *et al.*, 1997)

Tratamiento	C %	H %	N %	S %	O %	C/H ¹	C/N	O/C	Cen ²	AT ³
TSR4	46,49	4,11	2,56	0,22	46,62	0,94	21,52	0,75	2,0	6,85
TCR5	42,43	3,65	2,30	0,26	51,53	0,97	21,52	0,91	1,8	7,10
TRF6	42,83	3,70	2,10	0,27	51,10	0,96	23,79	0,89	2,1	6,95
TCF7	46,10	4,10	2,10	0,20	47,50	0,94	25,61	0,77	2,3	6,70

¹=Relaciones atómicas, ²= Cenizas, ³=Acidez total, ⁴Testigo, ⁵=Adición de RO de crotalaria, ⁶= Adición de RO de crotalaria, ⁷= fertilizante+crotalaria, ⁸=Adición de fertilizante

Cuadro 11. Efecto de la adición de residuos orgánicos sobre la concentración de radicales libres y parámetros ESR del suelo El Sombrero (Adaptado de Rivero *et al.*, 1997)

Tratamiento	Radicales libres Spinx10 ¹⁷ g ⁻¹	Amplitud de línea	Radicales libres Valor g	Hierro Valor g
TSR ¹	5,92	6,8	2,0041	4,1
TCR ²	8,22	6,8	2,0045	4,2
TRF ³	7,25	6,7	2,0041	4,2
TCF ⁴	6,02	6,7	2,0041	4,2

¹=Testigo, ²=Adición de RO de crotalaria, ³=Adición de fertilizante+crotalaria, ⁴=Adición de fertilizante

Trabajos realizados por Rivero y Paolini (1995) y Rivero (1997), en condiciones de invernadero, muestran efectos positivos, de carácter temporal, de la adición de residuos orgánicos vegetales (gramíneas y leguminosas) sobre propiedades del suelo tales como: capacidad de intercambio catiónico (CIC), carbono orgánico (Corg), nitrógeno total, y fósforo y potasio disponibles. Las Figuras 3 y 4 ilustran algunos de los resultados reseñados por estos investigadores.

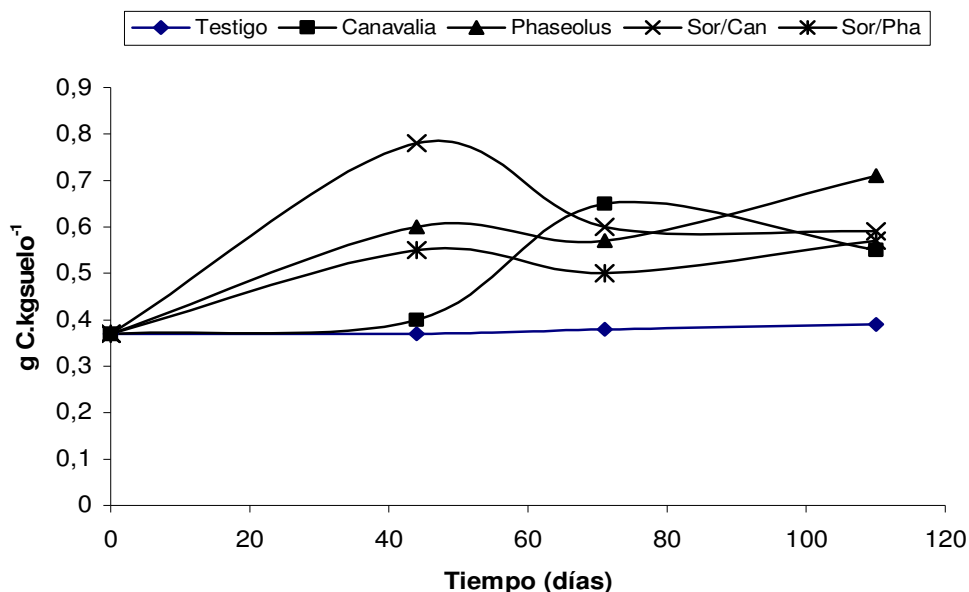


Figura 3. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre el Corg del suelo Yaritagua (Adaptada de Rivero y Paolini, 1995)

En condiciones de campo, Rivero (1995) comparó el efecto de la adición de residuos de *Crotalaria juncea* (Cr), *Panicum maximun* (Pm) y la mezcla de ambos (Cr/Pm), durante un periodo de tres años, sobre las propiedades químicas del suelo Yaritagua, los tratamientos fueron comparados entre si y con un testigo que no recibió residuos (SR). La Figura 5 muestra que la CIC se incrementa, en forma sostenida en el tiempo, cuando se realiza una incorporación sistemática de materiales orgánicos.

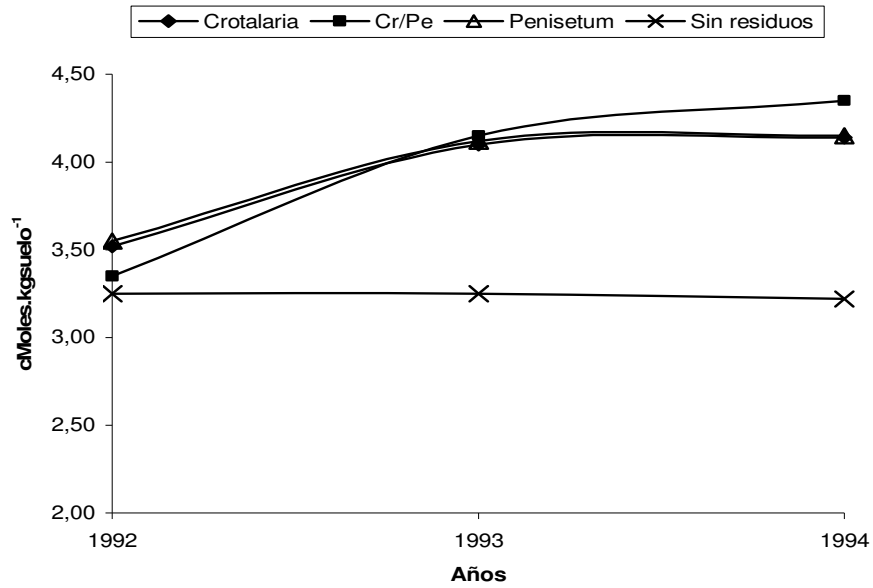


Figura 5. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre la CIC del suelo Yaritagua en ensayos de campo (Adaptada de Rivero, 1995)

En relación a las propiedades físicas, Pérez y Casanova (1982) mencionan que la única propiedad física afectada por la incorporación de estiércol, fue la conductividad hidráulica, la cual sufrió incrementos importantes.

León (1993) obtiene efectos positivos para la incorporación de residuos de leguminosas sobre la retención de agua del suelo Yaritagua. Para este mismo suelo Rivero *et al.* (1998c) señalan que la adición de residuos, de leguminosas y gramíneas, no modificó sustancialmente las propiedades físicas del suelo, los efectos, estadísticamente significativos, solo se encontraron en el caso de la conductividad hidráulica (Kh) y del índice de sellado absoluto (ISA). La Figura 6 muestra el comportamiento de ambas variables. Cabe destacar, que este tipo de efecto se traduce en una mayor penetración de agua en el perfil del suelo, lo cual incrementa las posibilidades de conservación del agua.

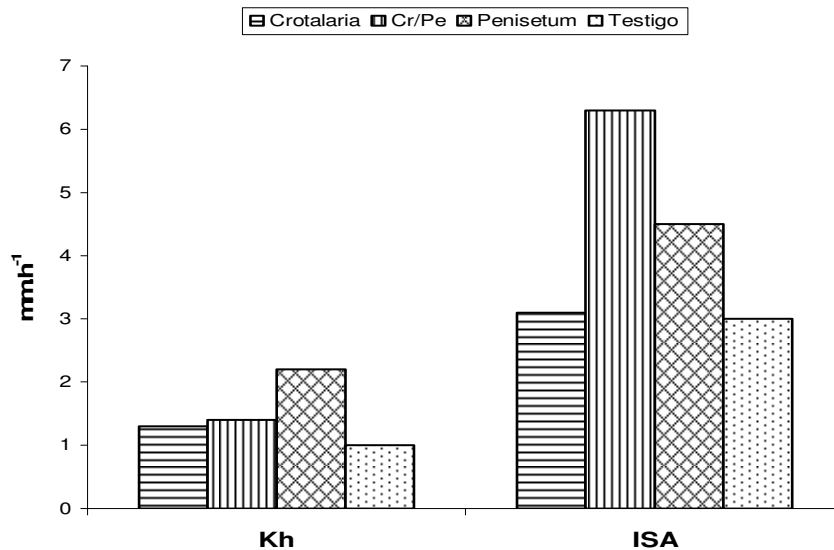


Figura 6. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos, luego de tres años, sobre la Kh y el ISA del suelo Yaritagua (Adaptada de Rivero *et al.*, 1998c)

Lozano *et al.* 2002, evaluaron el efecto de la presencia de coberturas sobre la materia orgánica del suelo, utilizaron para ello la determinación de los parámetros de humificación (Cuadro 12) y técnicas tales como la focalización isoelectrica para lograr el objetivo (Figura 7 y 8).

Cuadro 12. Parámetros de humificación en el horizonte superficial de los suelos La Iguana y San Pablo (Adaptado de Lozano *et al.*, 2002)

Tratamiento	CET/COT	CAH (%)	CAF (%)	DH	HR	HI	CAH/CAF	CAF/COT
LA IGUANA								
INICIAL	62	0,25	0,20	85,12	52,78	0,17	1,27	0,23
VN	70	0,28	0,20	95,65	66,98	0,04	1,44	0,27
CM	67	0,24	0,18	92,02	61,53	0,09	1,34	0,26
UDY	61	0,18	0,17	92,14	56,98	0,08	1,05	0,28
UDE	65	0,16	0,17	95,14	61,76	0,05	0,94	0,32
SAN PABLO								
INICIAL	73	0,52	0,33	75,84	55,84	0,32	1,60	0,22
VN	72	0,44	0,31	76,04	54,73	0,32	1,43	0,22
CM	68	0,51	0,27	76,57	52,29	0,31	1,88	0,18
UH	67	0,48	0,29	74,67	49,90	0,34	1,66	0,29

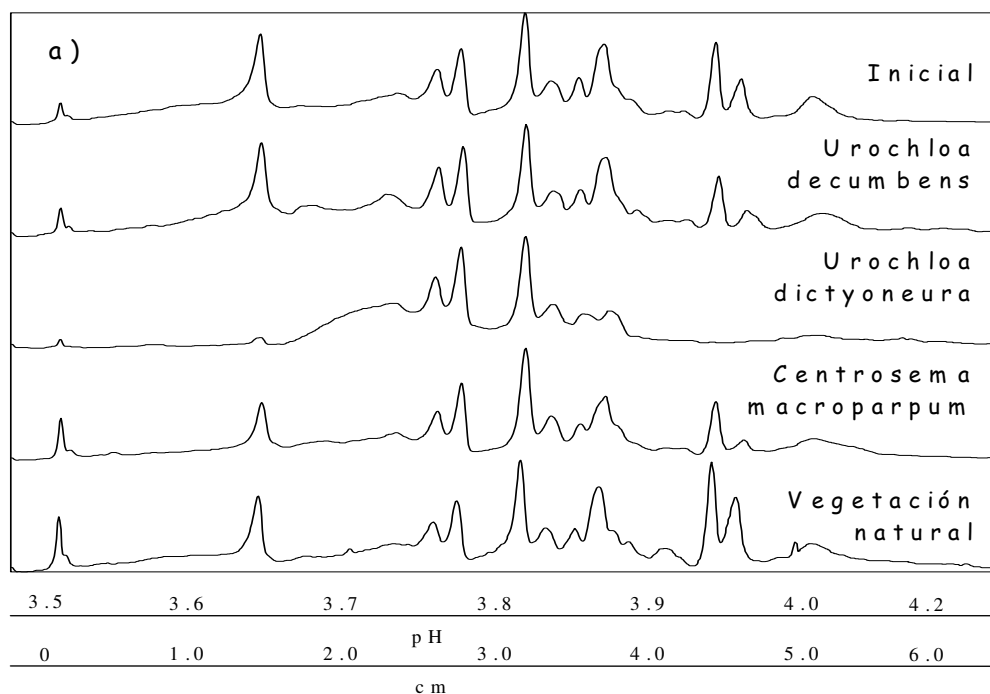


Figura 7. Perfil de focalización isoelectrica de los ácidos húmicos del suelo La Iguana (Adaptada de Lozano *et al.*, 2002).

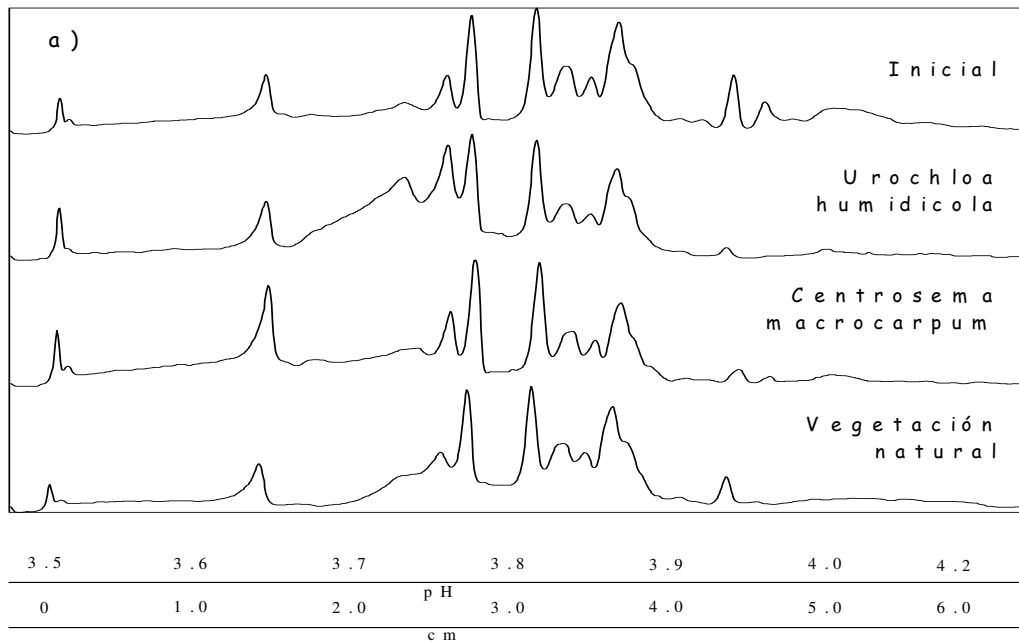


Figura 8. Perfil de focalización isoelectrica de los ácidos húmicos del suelo San Pablo (Adaptada de Lozano *et al.*, 2002).

Los autores indican que los perfiles de los ácidos húmicos iniciales de ambos suelos son similares, es decir que a pesar de las diferencias entre los suelos, sus sustancias húmicas son del mismo tipo, esto coincide con lo señalado por Rivero *et al.* (1998b). Al introducir los diferentes tratamientos los perfiles cambian con respecto al perfil del suelo inicial y concluyen que a pasar del uso de gramíneas con características morfológicas similares, éstas inducen a la formación de materia orgánica de características diferentes.

El otro grupo importante de propiedades de suelo que pueden ser afectadas por la incorporación de RO, son las biológicas. Aciego (1995) indica modificaciones de las poblaciones de hongos y celulolíticos como consecuencia de la incorporación de residuos de crotalaria y del barbecho, típico de la zona, en el suelo Yaritagua.

Un parámetro muy extendido para evaluar propiedades biológicas lo constituye la medición de la actividad enzimática de un suelo, medida para diferentes enzimas. Contreras *et al.* (2004 y 2005) muestran resultados que indican incrementos en la actividad de deshidrogenasa y fosfatasa ácida, como consecuencia de la adición de residuos orgánicos (Figura 9 y 10).

Los autores indican que los perfiles de los ácidos húmicos iniciales de ambos suelos son similares, es decir que a pesar de las diferencias entre los suelos, sus sustancias húmicas son del mismo tipo, esto coincide con lo señalado por Rivero *et al.* (1998b). Al introducir los diferentes tratamientos los perfiles cambian con respecto al perfil del suelo inicial y concluyen que a pasar del uso de gramíneas con características morfológicas similares, éstas inducen a la formación de materia orgánica de características diferentes.

El otro grupo importante de propiedades de suelo que pueden ser afectadas por la incorporación de RO, son las biológicas. Aciego (1995) indica modificaciones de las poblaciones de hongos y celulolíticos como consecuencia de la incorporación de residuos de crotalaria y del barbecho, típico de la zona, en el suelo Yaritagua.

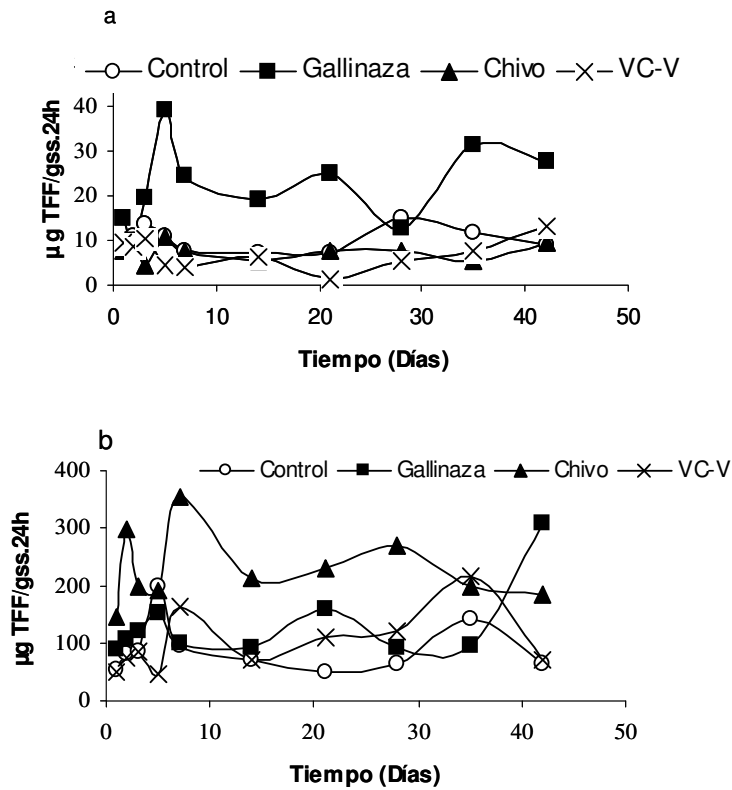


Figura 9. Dinámica de la deshidrogenasa en los suelos Caricuena (a) La Cañada 1(b) (Adaptada de Contreras *et al.*, 2004)

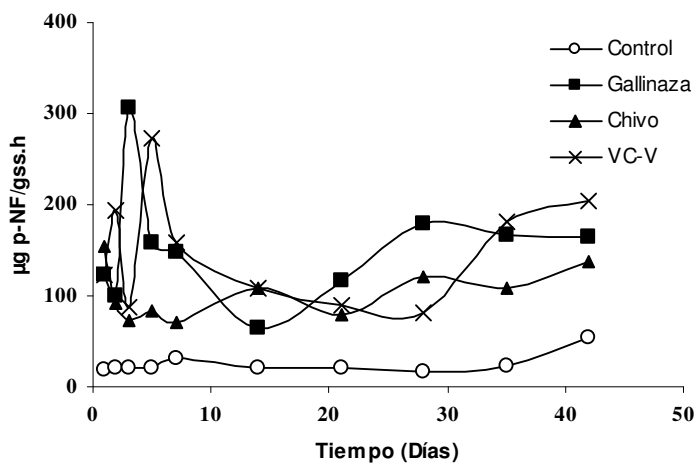


Figura 10. Dinámica de la fosfomonoesterasa ácida en el suelo Caricuena (Adaptada de Contreras *et al.*, 2005)

En cuanto al uso de residuos de origen industrial, éste ha sido, hasta el momento, muy limitado en el país. Posiblemente el uso de compost obtenido de lodos de cervecera constituye el primer caso registrado de la aplicación de estos materiales. La evaluación de la influencia de estos materiales también es escasa, no obstante Luque (1994) indica que los lodos producidos por la industria cervecera son utilizados en la fabricación de un compost de buena calidad el cual aplicado a los cultivos, es capaz de provocar efectos positivos sobre los mismos.

Se ha planteado además el uso directo, sin compostaje previo de estos materiales, lo que trae como consecuencia la necesidad de evaluar el efecto sobre la actividad biológica del suelo además de posibles efectos contaminantes que podrían comprometer los beneficios del uso de estos materiales orgánicos. En este sentido, Martínez y Rivero (2006) evaluaron, entre otras variables, la modificación de los niveles de carbono orgánico como consecuencia de aplicación de lodo de la industria papelera en dos suelos venezolanos, la Figura 11 muestra los resultados obtenidos.

Este recuento incluye básicamente, tal como se indicó inicialmente, la información obtenida en las investigaciones vinculadas al Instituto de Edafología de Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, cabe destacar que existe además un número importante de trabajos realizados por otros grupos de trabajo del país que incluyen información relevante para distintos suelos, áreas ecofisiográficas y prácticas de manejo.

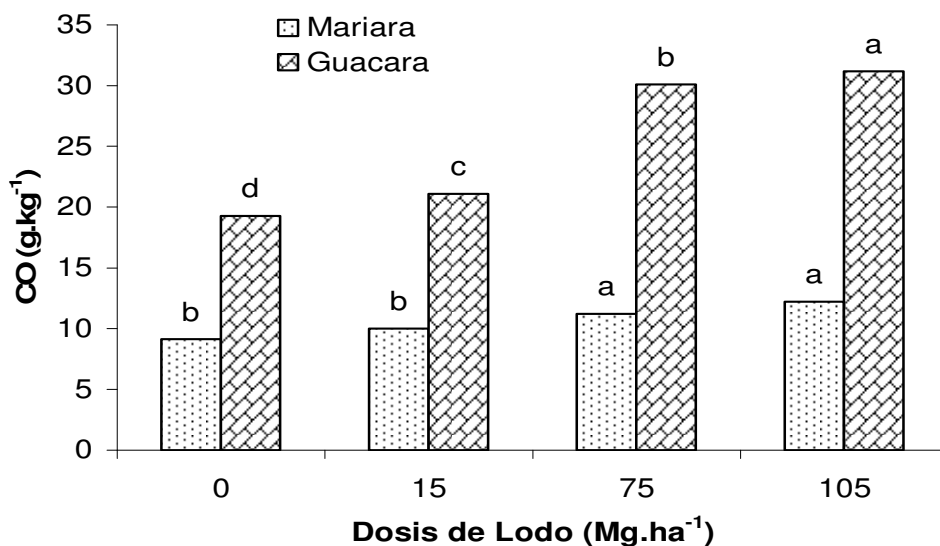


Figura 11. Niveles de carbono oxidable en los tratamientos (Adaptada de Martínez y Rivero, 2006). (Medias con las mismas letras en cada suelo no son estadísticamente diferentes)

LITERATURA CITADA

- Aciego, J.** 1995. Efectos de los abonos verdes (*Crotalaria juncea*) y los sistemas de labranza conservacionista sobre la dinámica de algunas poblaciones microbianas de un suelo del valle medio del Río Yaracuy. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. UCV. 191 p.
- Atacho, M., S. Baran y A. Perozo** 2003. Uso y manejo de subproductos de la industria licorera. Taller uso y manejo de residuos orgánicos como práctica agronómica. Trabajos, Versión CD pp18-20
- Brito de, J.** 1972. Pruebas de metodologías para la extracción de sustancias húmicas en los suelos. Agronomía Tropical (Maracay). 22:517-533.
- Casanova, E.** 1981. Los residuos agrícolas fibrosos como fuente de fertilizantes para los suelos. Taller de Trabajo "Alternativas de uso de los residuos agrícolas". El Laurel, Facultad de Agronomía, UCV. Mimeografiado. 23 p.
- Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo.** 1987. Our Common Future. Oxford, University Press. Oxford. 400 p.

- Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo** (Cumbre de la Tierra). 1992. Distr. GENERAL. 80 p.
- Contreras B. F., J. Paolini, C. Rivero.** 2005. Efecto de la adición de enmiendas orgánicas sobre la actividad de las enzimas de la fosfomonoesterasa ácida y arilsulfatasa en suelos del municipio Rivas Dávila (estado Mérida). Rev. Fac. Agron. (Maracay) 31:53 -66.
- Contreras B., F., J. Paolini, C. Rivero.** 2004. El uso de enmiendas orgánicas y su efecto sobre la actividad de deshidrogenasa y mineralización del carbono en suelos. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 30:95-107.
- Cuevas, E.** 1983. Crecimiento de raíces finas y su relación con los procesos de descomposición de materia orgánica y liberación de nutrientes en bosques del Alto Río Negro en el Territorio Federal Amazonas. Tesis Doctoral. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela.
- Cuevas, E. y E. Medina.** 1986. Nutrient dynamic within Amazonian forest ecosystems. I. Nutrient flux in fine litter fall and efficiency of nutrient utilization. Oecologia (Berlín) 68:466-472.
- Doran, J.W. y Parkin, T. B.** 1994. Defining an assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdieck, D.F.; Stewart, B.A. (Eds). Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSSA Special Publication Number 35. p. 3-21
- Figuera V., K. C., Z. Lozano P., C. Rivero.** 2005. Caracterización de diferentes fracciones de la materia orgánica de tres suelos agrícolas venezolanos Venesuelos 13:34-46.
- Greenland, D. J.** 1975. Bringing the green revolution to the shifting cultivator. Science 190:841-844.
- Kumada, K.** 1987. Chemistry of Soil Organic Matter. Japan Scientific Societies Press. Elsevier. Tokyo. 241 p.
- León, M.** 1993. Efecto de sistemas de labranza conservacionista con uso de leguminosas en un alfisol de la zona maicera del Yaracuy. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. UCV. 147 p.
- Lozano, Z., C. Bravo; R. M. Hernández, M. T. Dell'Abate; F. Alianello; A. Benedetti.** 2002. Efecto de cultivos de cobertura de diferentes calidades sobre la materia orgánica de dos suelos venezolanos Venesuelos 10(1 y 2):47-60.
- Luque, O.** 2003. Uso y manejo de subproductos de la industria licorera. Taller uso y manejo de residuos orgánicos como práctica agronómica. Trabajos, Versión en CD
- Luque, O.** 1994. Residuos sólidos en plantas de compostaje. Curso internacional sobre manejo de desechos sólidos. Fundación CIEPE, Yaracuy. Mimeografiado. 24p.
- Martínez, Y. y C. Rivero.** 2006. Efecto de la aplicación de lodos papeleros sobre la dinámica del carbono en dos suelos de la Cuenca del Lago de Valencia (Venezuela). Rev. Fac. Agron. (Maracay) 32:41- 52.
- Paolini, J.** 1980. Caracterización de sustancias húmicas extraídas de suelos típicos del bosque húmedo tropical de San Carlos de Río Negro, T. F. Amazonas. Acta Cient. Venezolana. 31:415-420.
- Pérez, O. J. y E. Casanova.** 1982. 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 en el desarrollo de plantas de tomate. VII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. San Cristóbal, Tachira. Mimeografiado. 36p.
- Rivero, C.** 1993. Evaluación de la materia orgánica, nativa e incorporada en suelos de importancia agrícola en Venezuela. Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía, UCV. 200 p.
- Rivero, C.** 1997. Efecto del uso de residuos vegetales sobre algunas propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo Turén. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 23(2):188-207.
- Rivero C.** 1999. La Materia Orgánica del Suelo. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay, Venezuela. Editado por Facultad de Agronomía. 169 p.
- Rivero, C. y J. Paolini.** 1994. Caracterización de la materia orgánica de tres suelos venezolanos. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 20:167-176.
- Rivero, C. y J. Paolini.** 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades químicas de dos suelos en Venezuela. Venesuelos. 3(1):24-30.
- Rivero, C.; J. Paolini; N. Senesi y V. D'Orazio.** 1997. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos de *Crotalaria juncea* sobre la calidad de la materia orgánica de un suelo. Rev. Fac. Agron. (Maracay). 23(1):77-93.

- Rivero, C.; J. Paolini; N. Senesi y V. D'Orazio.** 1998a. Spectroscopic characterization of humic acids of a soil toposequence in Venezuelan plains (llanos). *Comm. Soil Sci and Plant Anal.* 29:2893-2904
- Rivero, C.; N. Senesi; J. Paolini; y V. D'Orazio.** 1998b. Characteristic of humic acid of some Venezuelan soils. *Geoderma.* 81:227-239.
- Rivero C., D. Lobo y A. López Pérez.** 1998c. Efectos de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades físicas de un Alfisol degradado. *Venesuelos* 6(1y 2):29-33.
- Rivero. C.** 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre las propiedades químicas de un alfisol degradado. *Venesuelos.* 3(2):55-60.
- Rodríguez de L., S.** 1982. Caracterización de la materia orgánica de los suelos del alto y del bajo llano. Tesis de Magister. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.
- Romero C., S. Alfonzo, R. Medina y R. Flores.** 2003. Evaluación inicial de la fertilización con roca fosfórica en tres especies del género *Brachiaria*. *Zootecnia Tropical.* 21(2):183-196
- Sánchez, P.,** 1976. *Properties and Management of soil in the tropics.* Wiley. New York. 618 p.
- Sustacha, De J.** 1969. Fraccionamiento de la materia orgánica en suelos de la serie Maracay. UCV. Facultad de Agronomía. Trabajo de Ascenso. 39 p.