

Efectos de la incorporación de materiales compostados sobre las propiedades de un inceptisol degradado, bajo cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

*Effect of composted material on an inceptisol degraded properties under corn (*Zea mays* L.) culture*

Lisset García M. y Deyanira Lobo L.*

*Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología.

lobod@agr.ucv.ve

RESUMEN

La incorporación de materiales orgánicos afecta positivamente las propiedades físicas y químicas del suelo. Se determinaron los efectos de la incorporación de dos composts producidos a partir de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de REMAVENCA, (industria productora de harina y aceite de maíz) sobre algunas propiedades físicas, químicas y biológicas (densidad aparente, módulo de ruptura, porosidad total y con radio mayor de 15 μm , pH, conductividad eléctrica, CIC, iones intercambiables y disponibles, y materia orgánica) de un inceptisol degradado, y sobre el cultivo de maíz (materia seca, altura de planta y N, P, K, , Ca, Mg, Fe, Mn y Zn absorbidos), bajo condiciones controladas. Los tratamientos fueron: el testigo (sin compost), compost A (12 y 19 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$), y compost B (12 y 19 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Después de 15 días de incorporación de los composts, se sembró el maíz, y a los 45 días fue cosechado. El efecto de la incorporación de los composts sobre las propiedades físicas no fue significativo para el periodo evaluado, pero la ligera tendencia observada al aumento en la densidad aparente, módulo de ruptura y conductividad hidráulica, parece indicar efectos a largo plazo. Respecto a las variables químicas, sólo se encontraron aumentos significativos en la conductividad eléctrica y contenidos de Ca, P y Na disponibles, con la incorporación de estos materiales en relación al testigo. En cuanto a los parámetros del cultivo, no se encontraron diferencias para ninguna de las variables evaluadas. Los niveles de nitrógeno en los tejidos fueron bajos, quizás debido a la baja disponibilidad de este elemento en el suelo y en los materiales compostados. Se encontró que la alta absorción del Fe contenido en los composts afectó la dinámica de absorción de otros nutrimentos como P, Ca y Mn.

Palabras clave: compost, materia orgánica, propiedades del suelo, maíz (*Zea mays* L.), lodos

ABSTRACT

The addition of organic materials is known to have positive effects on soil physical, chemical and biological properties. The objectives of this experiment were to determine the effects of the incorporation of two composts made from solid waste and sludge originated in food industry. These effects were evaluated on soil physical, chemical, and biological properties, such as: bulk density, rupture module, hydraulic conductivity, total porosity, air porosity, pH, electric conductivity, cationic exchange capacity, exchange and available ions, and organic matter, and crop parameters (dry matter, plant height, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn y Zn absorbed). The experiment was conducted under controlled conditions using the selected soil alone (control) and two different composts in different doses, (12 and 19 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Maize was planted and soil productivity was determined 15 days after compost incubation. There were not significant effects on soil physical properties. However, there was a slight trend to increase bulk density, rupture module and hydraulic conductivity, which could indicate a long term effect. Electrical conductivity and available Ca, P, and Na were significantly higher with the incorporation of compost. There were not significant differences in plant parameters. A high absorption of Fe could influence the absorption of Ca, P and Mn. Low availability of N in composts and soil probably caused low levels of N in plant.

Key words: organic matter, soil properties, maize (*Zea mays* L), sludge, compost.

INTRODUCCIÓN

El uso de materiales orgánicos para el mejoramiento de las propiedades del suelo es tan antiguo como la historia de la agricultura. Sin embargo, el manejo de estos materiales ha sido de una manera empírica, aunque existe un amplio volumen de resultados de investigación de estudios de los procesos de descomposición que hacen que el manejo sea conducido de una forma más predictiva (Swift, 1999).

Cuando se incorporan al suelo materiales orgánicos se producen cambios en sus propiedades debido tanto, a la actividad biológica que se induce, como a las modificaciones de las fuerzas actuantes entre partículas por la adsorción de moléculas orgánicas en la superficie de los coloides del suelo. Estos cambios alteran la relación de las partículas con el agua y los iones en solución que las rodean, ayudando a flocular un sistema disperso de partículas o a estabilizar agregados inestables ya existentes (Pla, 1975). La incorporación de materia orgánica al suelo a través de compuestos orgánicos (estiércol, pulpa, compost, etc.) sirve para mejorar tanto su fertilidad química como su estructura. En las zonas tropicales, donde los procesos de oxidación y lavado de los suelos son más activos que en otras zonas climáticas, el contenido orgánico de los suelos expuestos se reduce rápidamente y es necesario reponerlo (Sheng, 1990).

Tiessen *et al*, (1998) señalaron la importancia del manejo de los suelos en condiciones tropicales con el propósito de mantener niveles adecuados de materia orgánica. El incremento del contenido de la materia orgánica del suelo puede modificar también la acción de los materiales fertilizantes y en consecuencia su eficiencia. (Baligar y Fageria, 1999)

Se ha encontrado que la aplicación de compost aumenta la microporosidad del suelo, lo cual es importante ya que se trata de la fracción de retención de agua y relacionada con la cantidad de agua disponible para las plantas. El incremento de microporos elongados está asociado con la nueva formación de microagregados. Un efecto positivo adicional con la adición de compost al suelo es la disminución de los valores de densidad aparente, lo cual es debido al incremento de la porosidad total en todos los rangos de tamaños de poros (Arthur *et al*, 1998, citado por Jinchang, 1999).

En Venezuela se han acumulado diversas experiencias con diferentes materiales orgánicos y sus efectos sobre las propiedades de los suelos y la productividad de los cultivos con resultados muy diversos. Así, se mencionan algunos ejemplos: estiércol de gallina y pulpa de café en un ultisol con cultivo de remolacha (Arismendi, 1993), estiércol de gallina y cachaza de caña de azúcar en un ultisol con cultivo de lechuga (Romero, 1993), residuos vegetales de gramínea (*Sorghum vulgare*) y leguminosas (*Cannavalia ensiformes* y *Phaseolus mungo*) con cultivo de maíz (Rivero y Paolini, 1995), residuos vegetales de crotalaria y pasto elefante (Rivero *et al*, 1998)

De igual manera se han utilizado materiales compostados, entendiéndose como compostaje la degradación o descomposición de materiales de desecho orgánicos por una población mixta de microorganismos en un ambiente cálido, húmedo y aireado (Dalzell, *et al*, 1991). Así, se han utilizado, por ejemplo: pulpa de café y compost de champiñón con cultivo de lechuga (Rodríguez, 1996), diferentes mezclas de lodos residuales de cervecería en cultivos de tomate, maní, sorgo y maíz (Luque, 1983). El objetivo del presente estudio fue evaluar los efectos de la incorporación de lodos residuales de una planta de tratamiento de aguas, mezclados con materiales sólidos orgánicos, formando un compost, sobre las propiedades de un suelo y su productividad, usando maíz como cultivo indicador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionó un Inceptisol del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía, en el cual se habían detectado limitaciones para la producción de cítricos, debido al deterioro de las propiedades químicas y físicas (Ostos, 1993; Espinosa, 1996).

Entre las principales propiedades se puede destacar la alta proporción de partículas con diámetros equivalentes entre 50 y 250 μm , lo cual le confiere una alta vulnerabilidad a la separación (Poesen, 1992) y por tanto una alta susceptibilidad al sellado y encostramiento y a la compactación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución de tamaño de partículas

Profundidad cm.	% Arena					Limo (%)	Arcilla (%)
	Muy. gruesa	Gruesa	Media	Fina	Muy. fina		
	2 – 1 mm	1 – 0,5 mm	0,5 – 0,25 mm	0,25 – 0,1 mm	0,1 – 0,05 mm	0,05 – 0,002 mm	< 0,002 mm
0 – 14	0,80	1,40	3,30	18,8	28,50	34,80	12,20
14 – 36	0,20	0,90	3,00	20,90	27,00	35,00	13,00

Fuente: Ostos, 1993

Con respecto a las características químicas y físico-químicas el suelo presenta una moderada a alta fertilidad química, en función de la alta disponibilidad de nutrientes esenciales y la capacidad de retención de los mismos. Sin embargo, se destaca una relación inversa en la proporción de calcio y magnesio intercambiables, es decir que la relación Ca:Mg en este suelo es 0,3:1, en lugar de 3:1, lo que puede producir efectos negativos en las propiedades físicas del suelo, así como desbalances nutricionales (Cuadro 2.)

Cuadro 2. Características del horizonte superficial del suelo bajo estudio

CARACTERÍSTICA	Valor	CARACTERÍSTICA	Valor
Densidad aparente (Mg.m ⁻³)	1,34	Na (mg.kg ⁻¹)	43
Porosidad Total (% v/v)	42	P (mg.kg ⁻¹)	92
Porosidad r >15 µm (% v/v)	12	K (mg.kg ⁻¹)	71
Módulo de Ruptura (kPa)	22	Ca (mg.kg ⁻¹)	1380
Materia orgánica (g.kg ⁻¹)	22,8	Mg (mg.kg ⁻¹)	304
pH 1:1 agua	6,8	Mg int. (cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)	10,14
C.E. (dS.m ⁻¹)	0,02	Ca int. (cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)	2,99
CIC (cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)	12,5	K int. (cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)	0,184
N (g.kg ⁻¹)	1,55	Na int. (cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)	0,087

Con el propósito de evaluar los efectos de la incorporación de lodos residuales de una planta de tratamiento de aguas de una agroindustria productora de harina y aceite de maíz, mezclados con materiales sólidos orgánicos, formando un compost, sobre las propiedades del suelo, se prepararon dos compost: A y B, utilizando como materias primas: el lodo deshidratado, impurezas obtenidas en los silos de maíz, tierra de blanqueo obtenida de la bentonita, aserrín y grama. La composición química y las proporciones en que fueron utilizados estos materiales se presentan en el Cuadro 3.

Una vez concluido el proceso de compostaje (4 semanas), se caracterizaron los compost resultantes, cuya composición se presenta en el Cuadro 4.

Tratamientos: Con base en la composición química de los compost, la disponibilidad de nutrientes en el suelo y los requerimientos del cultivo de maíz, se seleccionaron los siguientes tratamientos:

T0: Suelo solo (Testigo)

T1: Compost A, en dosis de 12 t.ha⁻¹

T2: Compost A, en dosis de 19 t.ha⁻¹

T3: Compost B, en dosis de 12 t.ha⁻¹

T4: Compost B, en dosis de 19 t.ha⁻¹

Cuadro 3. Análisis Químico de los Materiales que conforman los Compost

	Aserrín (g.kg ⁻¹)	Impurezas (g.kg ⁻¹)	Lodo (g.kg ⁻¹)	Tierra de blanqueo (mg.kg ⁻¹)
	%			
COMPOST A	12,5	25,0	37,5	25,0
COMPOST B	12,5	12,5	25,0	37,5
N (g.kg ⁻¹)	10,6	8,8	32,5	410
P (g.kg ⁻¹)	1,7	2,8	8,0	128
K (g.kg ⁻¹)	20,1	0,0	6,9	122
Ca (g.kg ⁻¹)	10,1	8,6	5,1	3344
Mg (g.kg ⁻¹)	8,3	5,0	2,2	*
Na (g.kg ⁻¹)	*	*	3,9	10

* trazas

Se aprecia que, en términos generales, se trata de materiales con muy altos contenidos de Carbono Orgánico, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Sodio y Calcio, y bajos contenidos de Manganeseo. El Compost A presenta un pH moderadamente ácido mientras que el Compost B presenta un pH ligeramente ácido. Ambos materiales compostados presentan valores de Conductividad Eléctrica que pudieran ser limitantes para algunos cultivos.

Cuadro 4. Análisis químico de los Compost

	COMPOST A	COMPOST B
pH 1:1 agua	5,44	6,25
C.E. (dS.m ⁻¹)	2,73	3,67
Carbono Orgánico (g.kg ⁻¹)	158,8	165,4
C/N	18,00	19,03
N (g.kg ⁻¹)	8,82	8,69
Na (mg.kg ⁻¹)	792	640
P (mg.kg ⁻¹)	138	123
K (mg.kg ⁻¹)	1520	1296
Ca (mg.kg ⁻¹)	4296	5296
Mn (mg.kg ⁻¹)	41	36
Fe (mg.kg ⁻¹)	738	753
Zn (mg.kg ⁻¹)	69	116
Cu (mg.kg ⁻¹)	0	0

Los cinco tratamientos fueron distribuidos en un diseño experimental completamente aleatorizado y tres repeticiones. En todos los tratamientos se sembró maíz, híbrido Himeca 92, 15 días después de incorporados los materiales al suelo. La duración del ensayo fue de 45 días, manteniendo la humedad a capacidad de campo, al cabo de los cuales (60 días) se evaluó: altura de plantas y materia seca, se tomaron muestras no alteradas y disgregadas para evaluar los efectos sobre algunas propiedades físicas (densidad aparente, módulo de ruptura, porosidad total y con radio mayor de 15 μm , conductividad hidráulica saturada e índice de sellado absoluto) y químicas (pH, conductividad eléctrica, CIC, iones intercambiables y disponibles y materia orgánica) y su efecto sobre el cultivo de maíz (toma de nutrimentos por parte del cultivo).

Los métodos utilizados en la caracterización química y fisicoquímica, tanto de los materiales que formarían parte de los compost, como del suelo y los materiales compostados, fueron:

- Capacidad de Intercambio Catiónico e iones intercambiables por extracción con Acetato de Amonio
- Materia Orgánica por Walkley y Black
- Nitrógeno total por Kjeldhal modificado
- Iones disponibles por extracción con Melich I

El análisis de tejido fue realizado mediante combustión húmeda, determinándose:

- N, por método colorimétrico utilizando reactivo de Nessler
- P, por Vanadato – Molibdato
- K y Mg, por absorción atómica

Los micronutrimentos fueron determinados por incineración y posterior determinación en solución de ácido nítrico. Los análisis estadísticos fueron procesados siguiendo el diseño experimental planteado, realizando análisis de varianza, mediante el paquete estadístico SAS, realizando luego pruebas de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos sobre algunas propiedades físicas del suelo: Como se aprecia en el Cuadro 5, no se encontraron diferencias significativas en los valores de densidad aparente, porosidad de aireación y porosidad con $r > 15 \mu\text{m}$; sin embargo, se observa un ligero incremento en los valores de densidad aparente con el Compost B, en dosis de $12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, correspondiéndose con los menores valores de porosidad total y con $r > 15 \mu\text{m}$. En cuanto al módulo de ruptura, aun cuando las diferencias no son significativas, se nota un incremento con la incorporación de los materiales orgánicos.

Con respecto a los parámetros de penetración y movimiento de agua en el suelo, se presentan incrementos significativos en la conductividad hidráulica con la incorporación de los compost, excepto con el Compost B en dosis de $12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Mientras que los valores de Índice de Sellado (ISA) no reflejan diferencia alguna. Esto puede atribuirse al corto período de tiempo en el cual se está realizando la evaluación, para que el compost manifieste sus efectos benéficos sobre mejoramiento de la estructura, especialmente en este suelo que presenta mas del 80 % de partículas con alta separabilidad (limo, arena fina y arena muy fina). Otras investigaciones han puesto de manifiesto las mismas tendencias, relacionadas con efectos no significativos de los materiales orgánicos sobre las propiedades físicas. (Rivero *et al*, 1997; Rodríguez, 1996; Romero, 1993; Arismendi, 1993).

Efectos sobre características químicas y fisico-químicas del suelo: En el Cuadro 6 se presentan los resultados de los muestreos realizados para evaluar los efectos sobre características químicas y fisico-químicas del suelo, tanto a los 15 días después de la incorporación (antes de la siembra), como a los 45 días después de la siembra, o 60 días después de la incorporación. Se puede apreciar que no hubo variaciones significativas en el pH, manteniéndose prácticamente dentro del rango de neutralidad.

Cuadro 5. Efectos sobre algunas propiedades físicas

Tratamiento	Densidad Aparente (Mg.m ⁻³)	Porosidad Total (%) (v/v)	Porosidad > 15 μm (%) (v/v)	Módulo de Ruptura (kPa)	Conductividad hidráulica (mm.h ⁻¹)	ISA* (mm.h ⁻¹)
To	1,53a	46,4a	12,8a	62a	0,05b	4,2a
T1	1,54a	47,7a	12,2a	68a	0,19a	5,0a
T2	1,53a	46,6a	11,8a	59a	0,20a	4,8a
T3	1,60a	45,2a	10,0a	76a	0,02b	4,3a
T4	1,54a	49,1a	12,0a	80a	0,16a	4,1a

*ISA: Índice de sellado absoluto

La conductividad eléctrica presentó incrementos significativos en los tratamientos con compost a los 15 días, especialmente con el Compost B. No hubo incrementos significativos en el contenido de materia orgánica, lo que sugiere una descomposición lenta de los materiales. El Compost A presenta un mayor aporte que el Compost B. No se presentan efectos sobre la CIC del suelo, debido probablemente a la escasa respuesta con relación a la materia orgánica.

En cuanto al Calcio y Magnesio intercambiable se presentan ligeros incrementos en los tratamientos con compost, en relación con el testigo. El Potasio intercambiable aumenta significativamente a los 15 días después de la incorporación para luego descender a los valores iniciales. El sodio aumenta de manera significativa en los tratamientos con compost, lo cual se explica por el alto contenido de este elemento en dichos materiales.

En cuanto a los iones disponibles no se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de Fósforo, manteniéndose en niveles altos, mientras que para Potasio y Calcio se aprecian ligeros incrementos, aunque no significativos, con la incorporación de los materiales compostados. Igualmente se notan incrementos en el contenido de Sodio disponible.

Efectos sobre el cultivo de maíz: Con relación a la materia seca acumulada en el período de 45 días, se puede apreciar en el cuadro 7 que no hubo diferencias en los tratamientos, solo un ligero descenso en el tratamiento con 19 t.ha⁻¹ del compost B.

Esta tendencia se revierte con la altura de plantas, ya que en la mayoría de los casos, los tratamientos con compost superan al testigo, lo que sugiere que en el tratamiento con 19 t.ha⁻¹ del compost A, la dinámica de los nutrimentos se manifestó en una mayor acumulación que en desarrollo de tejidos.

Acumulación de nutrimentos por parte del cultivo: En cuanto al Nitrógeno se puede apreciar que la extracción está muy por debajo de los valores críticos reportados para maíz a esa edad, lo cual puede atribuirse a la baja concentración de este elemento tanto en el suelo como en los materiales compostados, además de una probable inmovilización por parte de los microorganismos, dada la alta relación C/N de los materiales (Cuadro 4) y el incremento de respiración microbiana detectado a lo largo del ensayo. (datos no mostrados).

Se observa que los niveles de Fósforo en la planta superaron los niveles críticos reportados, especialmente en el testigo, dado el alto nivel de este elemento en el suelo. Sin embargo, la absorción de Fósforo en los tratamientos con compost fue más baja, debido probablemente a su interacción con el hierro, del cual es sabido que excesos en los tejidos precipitan al Fósforo, afectando su disponibilidad. Situación similar ocurre con el Potasio, cuyo contenido en el suelo y en los materiales compostados es alto, especialmente en el Compost A.

Igualmente se puede observar como la dinámica de absorción del Hierro afectó la del Calcio y el Manganeso, aun cuando el contenido de Calcio en los tejidos superó el nivel crítico reportado.

Cuadro 6. Efectos de los tratamientos sobre algunas características químicas y fisicoquímicas

	To		T1		T2		T3		T4	
	15 d ¹	60 d	15 d	60 d	15 d	60 d	15 d	60 d	15 d	60 d
pH	6,30	6,67	6,50	6,70	6,41	6,82	6,44	6,83	6,45	6,74
CE (dS.m ⁻¹)	0,20	0,22	0,51	0,24	0,55	0,27	0,61	0,31	0,62	0,37
MO (gr.kg ⁻¹)	24,2	23,5	26,5	29,3	24,2	30,3	26,1	25,1	26,2	24,6
CIC (cmol.kg ⁻¹)	13,40	13,77	13,47	13,28	13,23	13,20	12,80	13,50	13,60	13,90
Ca int. (cmol.kg ⁻¹)	7,51	7,38	7,66	9,89	8,52	8,39	8,49	8,76	8,50	8,05
Mg int. (cmol.kg ⁻¹)	2,57	2,51	2,94	3,09	2,93	3,02	2,72	2,84	2,80	2,65
K int. (cmol.kg ⁻¹)	0,22	0,22	0,42	0,22	0,29	0,22	,37	0,20	0,27	0,22
Na int. (cmol.kg ⁻¹)	0,08	0,10	0,07	0,13	0,08	0,29	0,06	0,26	0,12	0,19
P (mg.kg ⁻¹)	110	102	89	90	107	106	99	104	102	105
K (mg.kg ⁻¹)	62	55	75	64	70	61	71	56	67	63
Ca (mg.kg ⁻¹)	1676	1692	1743	1618	1787	1947	1999	2041	2000	2045
Na (mg.kg ⁻¹)	43	50	29	50	42	45	63	53	68	56

¹= días después de la siembra

Cuadro 7. Efectos de los tratamientos sobre el cultivo de maíz

	To	T1	T2	T3	T4
Materia Seca (g/planta)	28.3	27.1	28.2	27.8	25.5
Altura de plantas (cm)	82	84	80	87	85

Cuadro 8. Efecto de los tratamientos sobre la acumulación de nutrientes por parte del cultivo

	To	T1	T2	T3	T4	Nivel Crítico*
N (g.kg ⁻¹)	5.7	3.4	4.6	6.8	5.4	14.0
P (g.kg ⁻¹)	5.60	2.80	3.10	1.80	2.40	2.0
K (g.kg ⁻¹)	20.60	29.20	28.90	19.10	23.80	12.0
Ca (g.kg ⁻¹)	6.60	5.40	6.30	4.90	6.50	2.0
Mg (g.kg ⁻¹)	3.50	2.90	2.90	2.60	2.60	0.90
Fe (mg.kg ⁻¹)	78	96	91	148	92	45
Mn (mg.kg ⁻¹)	13	11	7	11	10	20
Zn (mg.kg ⁻¹)	10	11	6	4	5	15

*Fuentes: Casanova (1991); Benton *et al* (1991)

CONCLUSIONES

- No se encontraron efectos significativos sobre las propiedades físicas durante el período de ensayo.
- Los efectos sobre las características químicas resultaron significativos para la Conductividad eléctrica, P, Ca y Na disponibles.
- La acumulación de nutrimentos por parte del cultivo revela ciertas interacciones que deben ser tomadas en cuenta al momento de utilizar estos materiales como fuentes fertilizantes.

LITERATURA CITADA

- Arismendi Y. 1993.** Efectos de la calidad de tres sustratos de suelo y el abonamiento orgánico sobre la productividad de la remolacha (*Beta vulgaris* L.) como cultivo indicador. Trabajo de Grado, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 70p.
- Baligar V. C.; N.K. Fageria. 1999.** Plant nutrient efficiency: towards the second paradigm. In: Soil Fertility, Soil Biology and Plant Nutrition Interrelationship. Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo. Universidade Federal de Lavras. pp 183-204.
- Benton, J., B. Wolf; H. Mills. 1991.** Plant analysis handbook. Micro-Macro publishing. Georgia, USA. pp 180.
- Casanova, E. 1991.** Introducción a la Ciencia del Suelo. 1ra. Edición. Ed. Litopar. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico- UCV. Caracas, Venezuela. 365p.
- Dalzell, H.; A. Bioolestone; K. Gray. 1991.** Manejo del suelo: producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín de Suelos FAO N° 56, Roma, Italia. 177p.
- Espinosa J. 1996.** Efecto de la aplicación de fosfoyeso sobre las propiedades de un suelo franco-arenoso del campo experimental de la Facultad de Agronomía. Trabajo de Grado, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 66p.
- Jinchang Li. 1999.** Effect of mulching and incorporation of VFG (Vegetable, Frist and Garden) compost on soil erosion susceptibility. Thesis of Master Science in Physical and Land Resources. University of Ghent. 68p.
- Luque O. 1993.** Los lodos residuales de cervecería como acondicionadores del suelo. FONAIAP. Informe Anual. 110p.
- Ostos A. 1993.** Diagnóstico de las propiedades del suelo que afectan el desarrollo de plantas de cítricas en el lote "E", sector este del campo experimental de la Facultad de Agronomía. Trabajo de Grado, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. pp 74 – 76.
- Pla I. 1975.** Modos de acción y posibilidades de uso de los acondicionadores de suelo. Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía. (Mimeografiado) 14p.
- Poesen J. 1992.** Mechanism of overland-flux generation and sediment production on loamy and sandy soils with and without rock fragments. In: Overland-flux: hydraulics and erosion mechanics. A.J. Parsons and A. D. Abrahams (eds). London, UCL Press: 275-305.
- Rivero C.; J. Paolini. 1995.** Efecto de la incorporación de residuos sobre algunas propiedades químicas de los suelos en Venezuela. *Venesuelos* Vol. 3 N° 1:24-29
- Rivero C.; D. Lobo; A. López P. 1998.** Efectos de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades físicas de un alfisol degradado. *VENESUELOS*, 6(1 – 2): 29 - 32.
- Rodríguez G. 1996.** Efecto de la erosión simulada y acondicionadores de suelo sobre la productividad de un suelo bajo cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Trabajo de Grado, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 96p.
- Romero, M. (1993).** Efecto de la calidad de tres sustratos de suelo y el abonamiento orgánico sobre la productividad de la lechuga (*Lactuca sativa* L.), como cultivo indicador. Trabajo de grado. UCV-Facultad de Agronomía. Maracay – Venezuela. 75p.

- Sheng T. 1990.** Conservación de suelos para los pequeños agricultores en las zonas tropicales húmedas. Boletín de Suelos de la FAO N° 60, Roma, Italia. 114p.
- Swift M.J. 1999.** Towards the second paradigm: Integrated Biological Management of Soil. In: Soil Fertility, Soil Biology and Plant Nutrition Interrelationship. Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo. Universidade Federal de Lavras. pp 11-24.
- Tiessen H.; E. Cuevas, I. H. Salcedo. 1998.** Organic matter stability and nutrient availability under temperate and tropical conditions. In: Towards Sustainable Land Use. Advances in Geoecology 31. Blume *et al* (Eds) pp 415-422.