

# EFECTO DE LA EROSIÓN ARTIFICIAL DEL SUELO Y EL ABONAMIENTO ORGÁNICO SOBRE SU PRODUCTIVIDAD, USANDO BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) COMO CULTIVO INDICADOR

*Effect of the artificial soil erosion and organic fertilization on productivity using broccoli as an indicator crop*

Yanitza Ruíz\*, José Flores\* y Napoleón Fernández\*

\* Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Estado Aragua.

## Resumen

Con el fin de evaluar el efecto de la erosión y el abonamiento orgánico sobre la productividad de un Aquic Paleudult, se realizó un ensayo en la Estación Experimental "Bajo Seco" de la Facultad de Agronomía, UCV, donde se trabajó con estratos provenientes de 3 niveles de remoción del suelo, utilizando brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*) como cultivo indicador. En un diseño experimental en franjas se consideraron 3 niveles de remoción del suelo superficial (sin remoción, 0-15 cm y 15-30 cm) y 9 tratamientos de aplicación de abonos orgánicos: testigo (0 Mg.ha<sup>-1</sup>), 4 dosis de gallinaza (5, 10, 15 y 20 Mg.ha<sup>-1</sup>) y 4 dosis de fertipollo (1,5; 3,0; 4,5 y 6,0 Mg.ha<sup>-1</sup>). Se evidenció el efecto detrimental de la remoción del suelo sobre la productividad, especialmente en el estrato de mayor remoción, con una disminución de los rendimientos en el orden de 38,63% con respecto al estrato sin remoción del suelo. De los materiales orgánicos utilizados, la gallinaza resultó ser de mayor eficiencia que el fertipollo, ya que aumentó en promedio un 213,50 % los rendimientos del cultivo en relación a la no aplicación de abonos orgánicos.

**Palabras claves:** Erosión artificial, abonamiento, productividad, Brócoli, *Brassica oleracea*.

## Abstract

In order to evaluate the effect of soil erosion and organic manures on productivity of an Aquic Paleudult, using broccoli as an indicator crop, a research was conducted in "Bajo Seco" Experimental Station of the Universidad Central de Venezuela, using three levels of topsoil removal, and an experimental design on strips (three levels of top soil removal: without removal, 0-15 and 15-30 cm, and nine treatments with organic manure application: control (0 Mg.ha<sup>-1</sup>), 4 levels of poultry manure (5, 10, 15 and 20 Mg.ha<sup>-1</sup>) and 4 levels of fertipollo (1.5, 3.0, 4.5 and 6.0 Mg.ha<sup>-1</sup>). The detrimental effect of the removal treatments on broccoli productivity was evidenced specially with the greatest removal, showing a yield decrease in 38.63 % as compared with the non removal treatments. Poultry manure was more efficient than fertipollo, increasing the average yields by 213.50 % as compared with the non manure treatment.

**Key words:** Artificial erosion, productivity, fertilization, broccoli, *Brassica oleracea*.

## INTRODUCCIÓN

El suelo representa el soporte fundamental para la producción de alimentos, siendo un elemento muy susceptible de ser degradado. En la degradación del suelo influyen muchos factores y procesos, estando entre éstos últimos la erosión, cuyo efecto más significativo es el de la reducción de la productividad, situación ésta muy extendida en casi todas las áreas agrícolas de Venezuela y el mundo. La erosión es referida por Gásperi (1982), como un fenómeno muy generalizado y peligroso, principalmente en las regiones tropicales, donde se ha producido un desgaste y deterioro progresivo del suelo, disminuyendo su productividad. En Venezuela es notorio este efecto en las áreas montañosas bajo uso agrícola, en especial por razones de mal manejo y ubicación de los cultivos en pendientes críticas.

En general, la mayoría de los investigadores del tema coinciden en señalar que si bien es cierto que a veces resulta difícil cuantificar con exactitud el efecto de la erosión sobre la productividad, por la complejidad de los distintos factores interactuantes, no es menos cierto la estrecha relación que existe entre la profundidad de desarrollo radicular del suelo y su productividad, influyendo de manera destacada la calidad del substrato superficial. En este sentido, se destacan entre otros los tra-

bajos de Lal (1985), Castillo y Páez (1989), Fumero y López (1991), Gollany *et al* (1992), Arismendi (1993), Fernández (1994), Flores (1994), Malhi *et al* (1994), y Fernández *et al* (1995), quienes reportan disminución en los rendimientos de los cultivos con los que trabajaron, cuando el suelo reduce su profundidad a consecuencia de la erosión.

Así mismo se ha encontrado que la productividad perdida por efecto de la erosión puede ser recuperada con la aplicación de abonos, destacándose los orgánicos, ya que éstos además de mejorar las propiedades físicas del suelo (Urbina, 1990; Fumero y López, 1991; Romero, 1993; Arismendi, 1993; Fernández, 1994; Flores, 1994), también mejoran las propiedades químicas (Pérez, 1982).

Los objetivos de este trabajo fueron: evaluar en condiciones de campo el efecto de la remoción artificial del suelo y la aplicación de abonos orgánicos sobre su productividad usando brócoli como cultivo indicador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental

"Bajo Seco" de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, ubicada en el municipio Carayaca, Dpto. Vargas del Distrito Federal, cuya altitud oscila entre 1600 y 2300 m.s.n.m, la precipitación total es de 845,12 mm. año<sup>-1</sup> y la temperatura promedio de 13,85 °C. El suelo donde se realizó el ensayo se clasifica como un Aquic Paleudult, arci-llosa fina (Ojeda y Abreu, 1984).

### Descripción del ensayo

Se utilizó la técnica de remoción artificial del suelo la cual se llevó a cabo mecánicamente usando un tractor con pala para retirar o remover la capa superficial del suelo a diferentes profundidades, en sentido perpendicular a la pendiente del terreno.

Los niveles de remoción corresponden a: el primero sin remoción ; el segundo de 0-15 cm y el tercero de 15-30 cm de profundidad, identificados como S1, S2 y S3 respectivamente. Como planta indicadora se escogió al brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), híbrido Green Valiant.

Los abonos orgánicos utilizados fueron: gallinaza (estiercol de gallina seco al aire) en dosis de 5, 10, 15 y 20 Mg. ha<sup>-1</sup> y fertipollo (estiercol de gallina deshidratado a altas temperaturas) en dosis de 1,5; 3,0; 4,5 y 6,0 Mg.ha<sup>-1</sup>. Se utilizó un tratamiento testigo sin abono. La composición química de estos materiales se presenta en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Composición química de la gallinaza y el fertipollo.

Unidad de medida	Parámetro medido	ABONO	
		Gallinaza <sup>1</sup>	Fertipollo <sup>2</sup>
%	N	1,94	2
	P	0,4	5,7
	K	2,39	8
	Ca	3,7	6,8
	Mg	0,92	-
	MO	-	60
ppm	Cu	5	-
	Fe	333	-
	Mn	26	-
	Zn	31	-

<sup>1</sup> Análisis del Laboratorio de Suelos, UCV-FAGRO.

<sup>2</sup> Composición química presentada en el empaque.

Las variables de rendimiento evaluadas fueron el peso (kg.ha<sup>-1</sup>) y el diámetro de la cabeza (cm) del brócoli.

El experimento se efectuó en franjas, correspondiendo cada franja a un nivel de remoción, con tres repeticiones para cada tratamiento. El tamaño de la unidad experimental fue de

2 m<sup>2</sup> y 10 plantas por parcela. Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas.

Los datos fueron procesados por el paquete estadístico SAS, utilizando para ello, el análisis de la varianza y la comparación de medias a través de la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan y la prueba de Dunnett.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Peso de la cabeza de brócoli

El análisis de la varianza revela diferencias estadísticamente significativas en cuanto al efecto individual de los niveles de remoción y diferencias altamente significativas para el tipo de material orgánico y para la interacción materia orgánica por dosis.

En cuanto a la prueba de medias de Duncan (Cuadro 2) para el factor nivel de remoción, ésta los separa en dos grupos homogéneos, encontrándose el estrato S1 y S2 en el mejor grupo (a) y el estrato S3 ubicado en el grupo b, lo que indica que no se encontraron diferencias significativas entre los niveles de remoción S1 y S2. En relación al material orgánico, la prueba de Duncan revela que la gallinaza es el mejor abono orgánico, pues promueve más que el fertipollo, el aumento de los rendimientos, a pesar de que el fertipollo superó en su composición química a la gallinaza. Sin embargo, estos resultados pueden deberse a que la presencia del estiercol de gallina parece favorecer la mineralización de la materia orgánica, lo cual puede atribuirse a la actividad de los microorganismos presentes en el mismo.

**Cuadro 2.** Prueba de Rango Múltiple de Duncan para el rendimiento del brócoli.

Niveles de Remoción	Medias (Kg.ha <sup>-1</sup> )
S1	8313,1 a
S2	7868,1 a
S3	5787,4 b
Material orgánico	Medias (Kg.ha <sup>-1</sup> )
Gallinaza	9456,4 a
Fertipollo	5189,3 b

Los resultados en cuanto a la prueba de Dunnett, señalan que para el peso de la cabeza en el nivel de remoción S1, el mejor material orgánico fue la gallinaza y la dosis de 20 Mg. ha<sup>-1</sup>, siguiéndole la dosis de 10 Mg.ha<sup>-1</sup>. Para los niveles de mayor remoción (S2 y S3), la dosis de gallinaza que mejor se comportó fue la de 20 Mg.ha<sup>-1</sup>, seguida de la de 15 Mg.ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, hay una tendencia a que las diferentes dosis de abonos orgánicos superen al testigo en los tres niveles de remoción.

El efecto de los abonos orgánicos y la remoción del

suelo sobre el peso de la cabeza del brócoli, se presenta en el cuadro 3 y en las figuras 1 y 2.

Como se puede observar en el cuadro 3, en la mayoría de los tratamientos con gallinaza y en el testigo, se obtuvieron mayores rendimientos en el nivel de remoción S2, excepto con la dosis de 10 Mg.ha<sup>-1</sup>, sin embargo, los rendimientos disminuyen considerablemente en el tratamiento S3, con respecto al nivel sin remoción (S1). Estos resultados son contradictorios, ya que como era de esperarse el estrato sin remoción (S1) debió producir los mayores rendimientos. Esto probablemente se debió, a que el nivel de remoción S2 estaba ubicado en la posición más baja del campo donde se realizó el ensayo, lo que pudo haber traído como consecuencia acumulación de nutrimentos provenientes de sedimentos de los otros estratos de remoción, desde el momento mismo en que ésta fue realizada, el año anterior cuando se condujo un primer ensayo. No obstante en el tratamiento S1, la cosecha fue más precoz en relación a los tratamientos con remoción.

**Cuadro 3.** Efecto de los abonos orgánicos y remoción del suelo sobre el peso de la cabeza del brócoli.

Abonamiento	Niveles de remoción		
	S1	S2	S3
	Peso de la cabeza de Brócoli (Kg.ha <sup>-1</sup> )		
To	3672 b*	4495 b	882 b
G1	4602 b	5350 b	3214 b
G2	12683 a	7338 b	6310 b
G3	7802 b	13338 a	11079 a
G4	12876 a	16816 a	12068 a
F1	4541 b	1113 b	2412 b
F2	9028 b	5545 b	1566 b
F3	4825 b	7494 b	6119 b
F4	10147 b	5930 b	3480 b

To = Testigo; **Gallinaza:** G1 = 5 Mg.ha<sup>-1</sup>; G2=10 Mg.ha<sup>-1</sup>; G3 = 15 Mg.ha<sup>-1</sup>; G4= 20 Mg.ha<sup>-1</sup>; **Fertipollo:** F1 = 1,5 Mg.ha<sup>-1</sup>; F2=3,0 Mg.ha<sup>-1</sup>; F3 = 4,5 Mg.ha<sup>-1</sup>; F4= 6,0 Mg.ha<sup>-1</sup>.

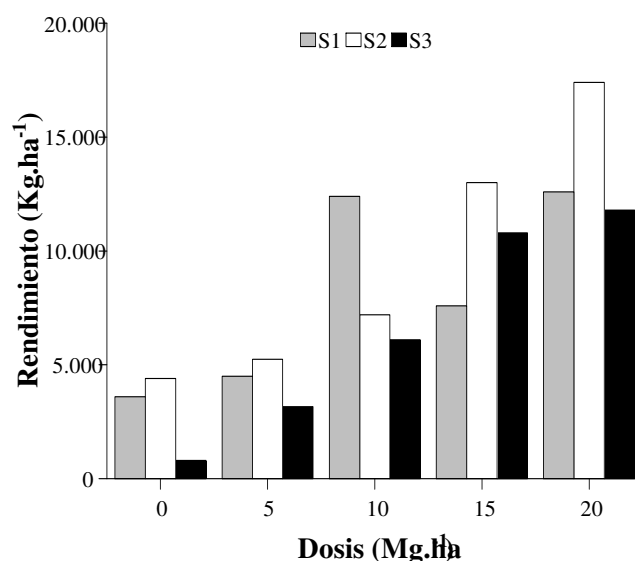
\* Pruebas de medias efectuadas por el Test de Dunnet al 95%.

En la figura 1, se observa que a medida que aumentan las dosis de gallinaza se incrementan los rendimientos, independientemente del nivel de remoción. En cuanto al fertipollo, no hay una tendencia definida para las dosis, pero se observa que los mayores rendimientos se obtienen con las dosis más altas (4,5 y 6,0 Mg.ha<sup>-1</sup>), y también se puede notar que los rendimientos disminuyen a medida que se aumenta la remoción (Figura 2). Sin embargo, estos valores son menores en comparación con los obtenidos con la gallinaza.

En el cuadro 4, se observa la tendencia de disminución de los rendimientos a medida que se remueve el suelo, siendo más drástico en el tratamiento de mayor remoción (S3), estando esta reducción en el orden de 0,34 y 38,63 % para los tratamientos S2 y S3 respectivamente. Con la gallinaza los rendimientos decayeron en un 13,9 % para el tratamiento S3 con

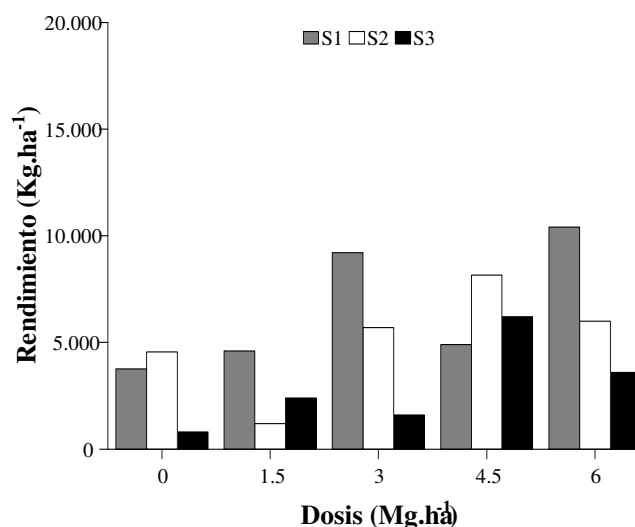
respecto al sin remoción. En relación con el testigo, la aplicación de gallinaza incrementó en promedio los rendimientos en un 213,5 %. Resultados similares han sido encontrados por autores tales como: Fumero y López (1991), Arismendi (1993), omero (1993), Fernández (1994), entre otros.

**Figura 1.** Rendimiento del brócoli, bajo diferentes niveles de



remoción y dosis de gallinaza.

**Figura 2.** Rendimiento del brócoli, bajo diferentes niveles de



remoción y dosis de fertipollo.

En el mismo cuadro se observa que, en términos generales, los rendimientos con el fertipollo fueron muy inferiores a los obtenidos con la gallinaza. Así mismo hay una disminución de los rendimientos en la medida que se hace la remoción del suelo, siendo esta reducción del orden del 29,6 y 52,3 % en los estratos S2 y S3 respectivamente en comparación con el S1. Además, se nota que independientemente del estrato, los rendimientos con el fertipollo aumentaron en promedio en un 72,04 % en relación con el testigo.

**Cuadro 4.** Interacción de la variable peso fresco de la cabeza

del brócoli en relación a los niveles de remoción y materiales orgánicos.

Niveles de Remoción	Testigo (t)	Gallinaza	Fertipollo	Prom. (S)	Incr. vs t (%)	Dism. vs S <sub>1</sub> (%)
S <sub>1</sub>	3672	949075	713525	676600		
S <sub>2</sub>	4495	1071050	502550	674336	296	34
S <sub>3</sub>	882	816775	340675	415216	523	3863
<b>Promedio</b>	301633	945633	518916			
<b>Incr. vs t (%)</b>	-	21350	7204			

Prom. = Promedio; Incr. = Incremento; Dism. = Disminución.

### Diámetro de la cabeza del brócoli

El análisis de la varianza revela que existen diferencias estadísticamente significativas entre los estratos y diferencias altamente significativas para los tratamientos con abono orgánico. En cuanto a las interacciones, existen diferencias altamente significativas por el efecto del material orgánico por dosis.

La prueba de Duncan (Cuadro 5), muestra la existencia de tres grupos para el factor estrato, donde el primero es el grupo (a), que se comporta como el mejor y lo representa el estrato S1; el segundo forma un grupo homogéneo (ab) y está representado por el estrato S2 y un tercer grupo (b) de inferior calidad, conformado por el estrato S3. Este análisis indica que los mayores diámetros de cabeza se obtuvieron con el uso de la gallinaza, resultando éste el mejor abono.

**Cuadro 5.** Prueba de rango múltiple para medias del diámetro de la cabeza.

Niveles de Remoción	Medias (cm)
S1	10,257 a
S2	9,421 a,b
S3	8,238 b

Material orgánico	Medias (cm)
Gallinaza	10,488 a
Fertipollo	8,123 b

Se observa que con el uso de la gallinaza (Cuadro 6), hay una tendencia a aumentar el diámetro de la cabeza a medida que se incrementan las dosis de abono, en los distintos niveles de remoción.

En relación al fertipollo se observa en el mismo cuadro, en términos generales, una tendencia a disminuir el diámetro en la medida que la remoción de suelo es mayor, y se nota que los mayores diámetros de cabeza se obtuvieron con las dosis más altas. Los resultados en cuanto a la prueba de Dunnett, señalan que para el estrato S1 no hubo diferencias estadísticamente significativas de las dosis con respecto al tratamiento sin abonamiento. Para los estratos de mayor remoción (S2 y S3), los

tratamientos con abonos, estadísticamente significativos, fueron las dosis de G4>G3>F3>G2 en orden decreciente respectivamente. Sin embargo, todos los tratamientos con gallinaza y fertipollo aumentaron el valor del diámetro de la cabeza en relación al testigo, en los diferentes niveles de remoción.

**Cuadro 6.** Efecto de los abonos orgánicos y remoción del suelo sobre el diámetro de la cabeza (cm).

Abonamiento	Niveles de remoción		
	S1	S2	S3
	Diámetro de la cabeza de Brócoli (cm)		
To	6,88 b*	5,40 b	3,10 b
G1	8,16 b	8,40 b	6,20 b
G2	12,83 a	9,60 b	8,75 a
G3	9,45 b	12,08 a	11,90 a
G4	12,29 a	13,30 a	12,80 a
F1	8,19 b	5,85 b	5,70 b
F2	11,39 b	8,54 b	4,60 b
F3	8,20 b	9,75 b	9,10 a
F4	11,56 b	7,83 b	6,79 b

To = Testigo; **Gallinaza:** G1 = 5 Mg.ha<sup>-1</sup>; G2=10 Mg.ha<sup>-1</sup>; G3 = 15 Mg.ha<sup>-1</sup>; G4= 20 Mg.ha<sup>-1</sup>; **Fertipollo:** F1 = 1,5 Mg.ha<sup>-1</sup>; F2=3,0 Mg.ha<sup>-1</sup>; F3 = 4,5 Mg.ha<sup>-1</sup>; F4= 6,0 Mg.ha<sup>-1</sup>.

\* Pruebas de medias efectuadas por el Test de Dunnett al 95%.

En el cuadro 7, se observa que el diámetro de la cabeza tiende a disminuir al remover la capa superficial del suelo, disminuyendo hacia el estrato S2 en un 11,5 % en relación al estrato S1, y el estrato S3 lo hace en 28,59 %. También se nota que la gallinaza aumentó el diámetro de la cabeza en un 104,29 % en relación a la no aplicación de material orgánico y el fertipollo en un 58,41 %, resultando evidente que la gallinaza es el mejor material orgánico en las condiciones de este ensayo.

**Cuadro 7.** Interacción del diámetro de la cabeza, respecto a los niveles de remoción y materiales orgánicos.

Niveles de Remoción	Testigo (t)	Gallinaza	Fertipollo	Promedio	Disminución vs S <sub>1</sub> (%)
S <sub>1</sub>	688	1068	984	913	
S <sub>2</sub>	540	1085	799	808	1150
S <sub>3</sub>	310	991	655	652	2859
<b>Promedio</b>	5130	1048	813		
<b>Incremento vs t (%)</b>		10429	5841		

## CONCLUSIONES

Se demostró que la pérdida o remoción de la capa superficial influye en forma negativa sobre el rendimiento del cultivo de brócoli, especialmente en el estrato de mayor remoción (S3), donde los rendimientos disminuyeron en un 38,63

% con respecto al estrato sin remoción.

La incorporación de materiales orgánicos (gallinaza y fertipollo), fueron eficientes en incrementar los valores del rendimiento y otras variables del cultivo en relación con la no aplicación de material orgánico (testigo).

La gallinaza se comportó como el mejor abono orgánico incrementando los rendimientos del brócoli en comparación con el testigo en un 217,5 % y el fertipollo en un 72,04 %, siendo la mejor dosis de gallinaza la de 20 Mg.ha<sup>-1</sup> para las condiciones de este ensayo.

### RECOMENDACIONES

Continuar con estos estudios a nivel de campo y a largo plazo para así obtener informaciones más consistentes, y de esta forma determinar con mayor precisión los efectos de la materia orgánica sobre la recuperación de la productividad en suelos degradados.

Probar en futuros ensayos de esta naturaleza con otros materiales orgánicos, dosis y niveles de remoción por más largo tiempo para visualizar los posibles cambios en las propiedades físicas de los suelos.

### LITERATURA CITADA

- Arismendi, Y.** 1993. Efecto de la calidad de tres sustratos de suelo y el abonamiento orgánico sobre la productividad de remolacha (*Beta vulgaris* L.) como cultivo indicador. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía, UCV, Maracay. 84 p.
- Castillo, J. y M. Páez.** 1989. Impacto de la erosión en la productividad en suelos Alfisoles. **In:** Erosión Hídrica, diagnóstico y control. Rev. Fac. Agronomía, UCV, Maracay, Venezuela. Alcance N° 37:137-148.
- Fernández, N.** 1994. Impacto de la remoción del suelo superficial y el abonamiento orgánico sobre la productividad en la cuenca alta del río Petaquire. II Congreso Latinoamericano de Cuencas Hidrográficas. Mérida, Venezuela. 12 p.
- Fernández, N. y Y. Arismendi.** 1995. Efecto de la erosión artificial y el abonamiento orgánico sobre la productividad de un suelo usando remolacha comocultivo indicador. Venesuelos. Vol. 2 (2):54-58.
- Flores, C.** 1994. Efecto de la remoción superficial y el abonamiento sobre la productividad de un Oxic Haplustalf en la faja maicera de Yaracuy. Trabajo de Msc en Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía, UCV. 139 p.
- Fumero, S. y R. López.** 1991. Influencia de la remoción de suelo superficial y aplicación de abonos. XI Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo, Coro. Resúmenes, p. 54.
- Gásperi, R.** 1982. Principios básicos de erosión y conservación de suelos. Suplemento Técnico N° 28. FUDECO, Barquisimeto. 203 p.
- Gollany, H., T. Schumacher, M. Linostrom, P. Evenson y G. Lemme.** 1992. Topsoil depth and desurfacing effects on properties and productivity of a Typic Argiustoll. Soil Sci.Soc. Am. Vol. 56(1):220-225.
- Lal, R.** 1985. Soil erosion and its relations to productivity in tropical soils. **In:** S. A. El Swaify, W. C. Moldenhaver y Andrew. Soil erosion and conservation. SCSA. Anvey. Iowa. pp. 237-247.
- Malhi, S., R. Izaurralde, M. Nyborg y E. Solberg.** 1994. Influence of topsoil removal on soil fertility and barley growth. J. Soil Land Wat. Cons. Vol. 49(1):96-101.
- Ojeda, E. y X. Abreu.** 1984. Los suelos de la estación experimental "Bajo Seco". Estudio agrológico especial. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía, UCV, Maracay. 204 p.
- Pérez, J.** 1982. Evaluación de la aplicación de estiércol de chivo y de pollera. UCLA, Barquisimeto. Serie Investigación N° 3. 69p.
- Romero, M.** 1993. Efecto de la calidad de tres sustratos de suelo y el abonamiento orgánico sobre la productividad de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Como cultivo indicador. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía, UCV, Maracay. 81 p.
- Urbina, C.** 1990. Evaluación de sistemas de conservación de suelos y aguas en cuencas altas. Parte II. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía, UCV, Maracay. 113 p