

Efecto de la erosión simulada y el abonamiento orgánico sobre la productividad del suelo usando remolacha (*Beta vulgaris* L.) como cultivo indicador

Effect of the simulated erosion and organic fertilization on soil productivity using sugar beet as an index crop

Napoleón Fernández¹ y Yanitza Arismendi¹

¹Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Agronomía.

Trabajo presentado en el XV Congreso Mundial de Suelos. Acapulco. México. 1994. Financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela.

RESUMEN

El ensayo se condujo en un suelo clasificado como un Aquic Paleudults, en la zona hortícola de la Región Central del País, con la finalidad de evaluar la calidad del substrato superficial proveniente de tres niveles de remoción S1 (0-10), S2 (10-20) y S3 (20-30) cm y la aplicación de dos abonos orgánicos (gallinaza y pulpa de café) sobre el rendimiento de la Remolacha (*Beta vulgaris* L.). Los abonos fueron incorporados en los primeros 10 cm de cada substrato, colocados en recipientes plásticos, habiendo sido previamente secados y tamizados. Las dosis utilizadas fueron las equivalentes a 0, 5, 10 y 15 Mg/ha., correspondiendo el nivel 0 al testigo, obteniéndose siete tratamientos por substrato y se usó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones y dos recipientes por unidad experimental con una planta cada uno.

Se realizaron evaluaciones post-cosecha de algunas características físicas de las diferentes mezclas de suelo más substrato y del testigo, el cual sirvió de comparación, además de las variables relacionadas con el rendimiento. Los resultados obtenidos indican que los abonos orgánicos tienen tendencia a mejorar la densidad aparente, la porosidad total, el módulo de ruptura y la conductividad hidráulica del suelo. En relación al rendimiento se observaron diferencias altamente significativas entre los substratos, encontrándose que la remoción del suelo superficial, independientemente del abono orgánico utilizado y la dosis aplicada, disminuyó los rendimientos en un 28.9 y 31.3 % en los substratos S2 y S3, respectivamente. Así mismo la gallinaza resultó el mejor abono al aumentar los rendimientos en un 97 % y la pulpa de café en un 40 % en comparación con el testigo. En cuanto a las dosis, independientemente del tipo de abono usado, se observa la tendencia de incrementar la producción al lograrse un aumento del 92 % para la dosis de 10 Mg/ha.

Palabras clave: remoción de suelo, abonos orgánicos, remolacha, rendimiento, productividad.

ABSTRACT

The experiment was carried out in an Aquic Paleudults soil from the horticultural area of the Central Region of Venezuela. The objectives of the investigation included the evaluation of the quality of the surficial substrate originated from three levels of removal, S1(0-10), S2(10-20) and S3(20-30) cm and the effect of application of two organic fertilizers: poultry manure (M) and coffee pulp (CP) on beet yield (*Beta vulgaris* L.). Organic fertilizers were incorporated on the first 10 cm of each substrate and placed in plastic containers. The rates employed were equivalent to 0, 5, 10 and 15 Mg/ha; zero was the control. Seven treatments per substrate were obtained. A completely randomized design with three replications and two containers per experimental unit, each with one plant, was used. Post-harvest evaluations of certain physical characteristics and yield components were performed for the different soil mixtures plus substrate and for the control (To).

Results indicate that organic fertilizers show a trend towards improving bulk density, total porosity, rupture module and hydraulic conductivity.

Yield results showed highly significant differences among substrates, and superficial soil removal, at any type of organic fertilizer or applied rate, yields were reduced in 28.9 and 31.3 % for substrates S2 and S3, respectively. In the same way, poultry manure was the best organic fertilizer producing a 97 % increase in yield, and coffee pulp produced a 40 % increase in comparison with the control. Rate results showed a 92 % increase in production for the 10 Mg/ha level.

Index words: soil removal, organic fertilizer, beet, yields, productivity.

INTRODUCCIÓN

La erosión es uno de los principales procesos de degradación que afecta significativamente la productividad del suelo, representando en la actualidad una situación de grandes proporciones en la mayoría de los suelos agrícolas del mundo.

Cuantificar su efecto sobre la productividad, resulta a veces una tarea difícil por la complejidad de interacciones de los distintos factores (suelo, clima, cultivo y nivel tecnológico) implicados, lo cual dificulta relacionar la producción de un cultivo bajo condiciones de campo con un factor en particular, (Lal, 1985). Sin embargo, su efecto es necesario cuantificarlo en los diferentes ambientes físicos y sistemas de producción agrícola, dada la variable capacidad de respuesta que pueden tener ambos aspectos, por lo que hacer generalizaciones en este sentido aumentaría el riesgo de las imprecisiones. Ello es posible lograrlo, dado que la mayoría de las investigaciones realizadas muestran una estrecha relación entre la profundidad efectiva de un suelo y su productividad, habiéndose producido información suficiente, la mayoría de ella en los países desarrollados y solo un 15% en los menos desarrollados, ubicados en regiones tropicales (Stocking y Peake, 1985).

Los objetivos de este trabajo fueron:

- Evaluar el efecto de la erosión simulada sobre la productividad de un suelo cultivado con remolacha, como respuesta de la calidad de los diferentes substratos provenientes de tres niveles de remoción.
- Evaluar el efecto mejorador de la incorporación de compuestos orgánicos al suelo y la recuperación de la productividad.

REVISIÓN DE LITERATURA

Sobre este tópico son conocidos entre otros los trabajos de Lal (1985), Foster et al. (1985), Larson et al. (1985) y Greb y Smika (1985), quienes señalan los efectos de la erosión sobre la degradación de las propiedades físicas y químicas de los suelos, especialmente en la reducción del espacio explorable por las raíces, disminución de nutrimentos, de la capacidad de infiltración y almacenamiento de agua.

Muchos investigadores han señalado que las características del perfil del suelo juegan un papel importante en la productividad de los suelos y que la declinación de ésta, está muy relacionada con esas características, (Gordon, 1985, Almaras et al., 1985, Lal, 1985). Este último refiere que la calidad del suelo declina con la erosión y que aquellos suelos que tienen capas cerca de la superficie que impiden la penetración de las raíces pueden aflorar a consecuencia de la erosión y crear condiciones menos favorables para el desarrollo de los cultivos por haberse perdido elementos importantes como materia orgánica, arcilla, nutrimentos y haber disminuido la capacidad de infiltración y porosidad total.

Experiencias reportadas por Hurni (1985), Sparoveck et al. (1991), Fumero y López (1991), entre otros, coinciden también en señalar que la pérdida de la profundidad efectiva del suelo reduce su productividad.

Lal (1985) concluye de sus investigaciones que la reducción de la productividad causada por erosión puede ser parcialmente compensada con la adición de materia orgánica, fertilizantes y utilización de prácticas culturales que mejoren la porosidad y la infiltración de agua. Otros investigadores coinciden en afirmar que el uso de fertilizantes contribuye a enmascarar la pérdida de la productividad de muchos suelos agrícolas, ya que esta puede disminuir lentamente si la erosión ocurre de manera imperceptible que no permite sino tardíamente detectar esa disminución, lo que podría explicarse por la buena respuesta de algunos suelos erosionados a la aplicación de fertilizantes, (Langdale y Shrader, 1982), citado por López, (1991).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en la Estación Experimental Bajo Seco, de la Facultad de Agronomía de la UCV, zona hortícola de la Región Central del País. El clima se clasifica como de montaña, según Köppen y según Holdridge como transición entre bosque seco Montano Bajo (bs-MB) y bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB). Los valores de precipitación promedio están alrededor de los 850 mm, la evapotranspiración es de 1040 mm, la temperatura y la humedad relativa promedios son de 14 °C y 79 %, respectivamente.

El suelo utilizado está descrito como un Aquic Paleudults, arcillosa fina, mixta, isotérmica, de textura media a pesada, bien drenado, (Ojeda y Abreu, 1984).

El ensayo se realizó en condiciones semicontroladas, utilizando suelo proveniente de tres niveles de remoción, lo cual se hizo en forma manual, obteniéndose tres substratos: S1 (0-10), S2 (10-20) y S3 (20-30) cm. Previo a la remoción de cada substrato se tomaron muestras disturbadas y no disturbadas para hacer los análisis físicos y químicos correspondientes.

El material de cada substrato fue secado al aire y tamizado en malla de 8 mm, con el cual se llenaron los maceteros plásticos de forma cilíndrica, de 19 cm de altura y 20 cm de diámetro, con un tubo en la base y una capa de piedra fina en el fondo para facilitar el drenaje. Previo a la siembra de la semilla de Remolacha (variedad Maravilla Temprana) se le incorporó en los primeros centímetros de cada substrato, la dosis correspondiente a los tratamientos de los dos abonos orgánicos utilizados: Gallinaza y Pulpa de café descompuesta. Las dosis utilizadas fueron equivalentes a 0, 5, 10 y 15 Mg/ha de cada uno de los abonos, correspondiendo el nivel 0 al testigo. Las cantidades aplicadas para alcanzar dichas dosis fueron de 15, 30 y 45 g/macetero. Se establecieron 7 tratamientos por substrato (2 abonos x 3 dosis + testigo).

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 3 repeticiones por cada nivel de remoción y 2 macetas por unidad experimental.

El análisis estadístico realizado consistió en análisis de varianza, pruebas de Duncan y Dunnet.

Evaluaciones post-cosecha:

- Características físicas de los tratamientos incluyendo el testigo, similares a los realizados inicialmente.
- Variables relacionadas con el rendimiento del cultivo: Peso, Diámetro y Longitud de la raíz comercial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A).- Referente a la caracterización química y física

La caracterización química de cada substrato realizada inicialmente se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis químico de los substratos

Substratos	P	K (ppm)	Ca	MO (%)	pH	CE (dS/m)
S ₁	301	496	1155	4.14	7.2	0.14
S ₂	284	432	1175	3.83	7.1	0.11
S ₃	106	424	1135	3.10	7.0	0.12

P, K, Ca aprovechables; MO: Materia Orgánica; CE: Conductividad eléctrica.

El análisis químico inicial revela que el suelo utilizado presenta niveles de P, K y Ca altos en todos los substratos y la materia orgánica es alta en el S1 y media en el S2 y S3. El pH está dentro de los valores de la neutralidad y la conductividad eléctrica es baja. Sin embargo la tendencia general de todos ellos es a disminuir en la medida que se profundiza en el perfil. Las condiciones antes descritas le confieren al sitio en particular buenas condiciones de fertilidad. Los altos contenidos de estos elementos se debe en parte a efectos residuales de aplicaciones de estiércol en el pasado y el haber permanecido en barbecho durante los últimos años. Los valores de pH encontrados se explican por los altos contenidos de cal que presenta el estiércol proveniente de la polleras.

La caracterización física referente a la distribución del tamaño de partículas reflejó en todos los substratos una alta proporción de partículas finas (73%), lo cual le confiere una mayor susceptibilidad a la separabilidad y baja estabilidad estructural al impacto de la gota y al humedecimiento, debido a la poca cohesión de éstas partículas, (Pla, 1978).

En cuanto a los índices estructurales, se presentan por un lado los valores obtenidos inicialmente con muestras tomadas directamente en el campo para cada sustrato (Cuadro 2) y posteriormente los obtenidos después de la cosecha en los maceteros, tanto para el testigo (STO) como para los tratamientos con los abonos orgánicos (SMO), (Cuadro 3).

Cuadro 2. Índices estructurales del suelo

Substratos	Porosidad (%)				
	Total	>> 15 μm	cm/h K	Kpa MR	Mg/m ³ Da
S ₁	49.58	15.43	6.80	53	1.33
S ₂	45.42	11.47	1.30	63	1.43
S ₃	48.87	12.95	1.10	64	1.35

K: Conductividad hidráulica
MR: Módulo de ruptura
Da: Densidad aparente

De estos resultados se puede inferir que ninguno de los sustratos presenta aparentemente problemas de compactación ya que no se alcanzan los valores críticos o limitantes para su clase textural (Fa), dado que la porosidad con radio >> 15 μm es superior al 10 %, valor señalado por Pla, (1983) como limitante por debajo del cual se pueden presentar problemas de aireación para los cultivos. Igualmente la porosidad total es superior al 45%, considerado como un valor adecuado.

En cuanto a la conductividad hidráulica (K), ésta no presenta limitaciones para ninguno de los sustratos ya que los valores encontrados superan el valor crítico, que es de 0.5 cm/h. Se evidencia además que los índices antes mencionados tienen una ligera tendencia a disminuir en la medida que se profundiza en el perfil.

En relación al módulo de ruptura (MR), éste presentó valores muy bajos, si se compara con el valor limitante de 300 KPa, señalado por Pla (1983) como índice de una alta cohesión en seco. De igual manera se observan valores de densidad aparente (Da) bajos, lo que confirma la poca probabilidad de problemas de compactación en los sustratos, a pesar de que ambos índices tienden a aumentar con la profundidad.

Los resultados de estos mismos índices estructurales determinados con muestras tomadas de los maceteros después de la cosecha, se presentan en Cuadro 3, realizados tanto para el testigo como para los tratamientos en cada sustrato, tomándose de estos últimos un promedio general entre materiales y dosis, por no presentarse variaciones marcadas entre ellos, además de no tener una tendencia claramente definida.

Cuadro 3. Índices estructurales post-cosecha

Substrato	Porosidad (%)		1cm/h K	Kpa MR	Mg/m ³ Da
	Total	>> 15 μm			
S ₁ TO	62.08	26.97	6.85	26	1.14
S ₁ MO	57.24	21.78	10.96	16	1.04
S ₂ TO	51.48	14.48	1.76	20	1.22
S ₂ MO	55.36	17.61	3.88	22	1.17
S ₃ TO	52.03	17.87	3.35	40	1.31
S ₃ MO	53.00	17.77	4.41	31	1.21

T0: Testigo
MO: Gallinaza y Pulpa de café

En cuanto al efecto de los abonos orgánicos sobre las características físicas del suelo, se nota cierta tendencia favorable a algunas de ellas, sin embargo esas tendencias no son bien definidas entre los materiales aplicados y sus diferentes dosis, debido quizás al corto tiempo del ensayo, especialmente en lo que respecta a la porosidad. Resultados similares fueron encontrados por Urbina (1990). En el caso de la porosidad total se observa cierto incremento de ésta en los sustratos S2 y S3 en los tratamientos con materia orgánica, en relación al testigo, no siendo así para el S1, pero en todos los casos los valores superan a los obtenidos originalmente, estando por encima del 50 %.

La permeabilidad del suelo también se ve mejorada a nivel de cada sustrato con la materia orgánica, notándose cierto incremento de los valores de conductividad hidráulica. Igualmente, se evidencia en los valores de módulo de ruptura y densidad aparente un efecto favorable, ya que los mismos tienen la tendencia a disminuir en cada sustrato con el uso de los abonos orgánicos.

B. Variables relacionadas con el rendimiento

En relación al rendimiento de la remolacha, medido en función del peso fresco de la raíz comercial y expresado en g/UE, se aprecia en las Figuras 1a y 1b las tendencias obtenidas con los dos abonos orgánicos utilizados (gallinaza y pulpa de café), y sus respectivas dosis en los diferentes sustratos. Se destaca la disminución del peso de la raíz en la medida que ocurre la remoción del suelo, especialmente en el caso del testigo, siendo un poco menor en el caso de los tratamientos con abonos orgánicos por su efecto recuperador de la productividad, que hace que dichas diferencias sean menores. Igualmente se observa la tendencia de incrementarse los rendimientos con las dosis, especialmente en el sustrato superficial (S1). Los análisis estadísticos revelaron diferencias altamente significativas entre sustratos para peso fresco y diámetro de la raíz, resultando

solo significativo para la longitud de la raíz, existiendo también diferencias altamente significativas entre abonos orgánicos y dosis, lo cual confirma la apreciación obtenida de las Figuras antes señaladas.

En cuanto a los sustratos se refiere, las pruebas de medias de Duncan los separa en dos grupos, estando en primer lugar el superficial (S1) como el mejor y en segundo lugar los sustratos (S2 y S3), no existiendo entre estos últimos diferencias significativas.

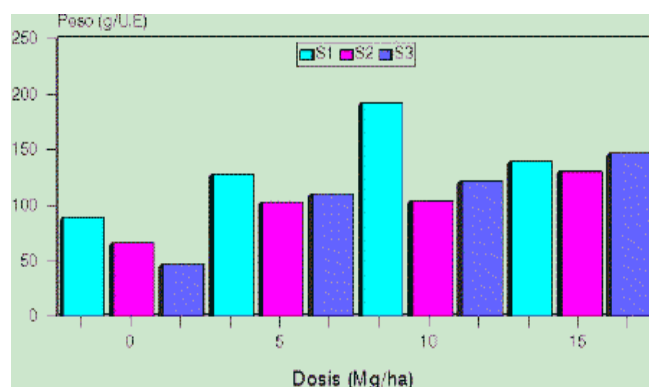


Figura 1a. Efecto de las dosis de gallinaza sobre el rendimiento de la remolacha en los diferentes sustratos.

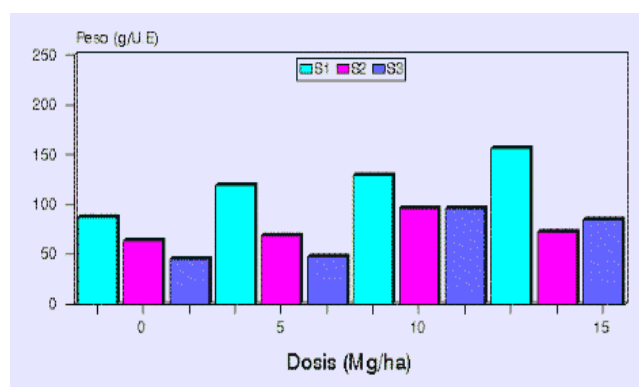


Figura 1b. Efecto de las dosis de pulpa de café sobre el rendimiento de la remolacha en los diferentes sustratos.

En el Cuadro 4 se presentan para cada sustrato, el rendimiento (peso fresco de raíz) en g/UE obtenido para el testigo, peso promedio por tipo de abono orgánico y el promedio general que incluye los dos abonos y el testigo

Cuadro 4. Peso fresco de la raíz (g/UE) para los diferentes sustratos y abonos orgánicos utilizados

Sustrato	Testigo	Abonos orgánicos		Prom. Gen.	Reducción* (%)
		Gallinaza	P. de café		
S1	89.9	151.3(a)	118.7(a)	118.9	-
S2	64.3	110.5(b)	78.9(b)	84.6	28.8
S3	44.8	123.9(b)	76.5(b)	81.7	31.3
Prom. %	65.4	128.6	91.4	-	-
-	-	96.5	39.7	-	-

* Con respecto al S₁

Analizando los valores de este Cuadro y las tendencias de la Figura 2a, se observa que en términos generales los rendimientos decaen con la remoción del suelo superficial, siendo más marcado en el testigo, donde los rendimientos se reducen a un 74 y 52 % en los sustratos S2 y S3, respectivamente, en comparación con el S1. Tendencias similares se observan en el caso de los abonos orgánicos, pero las reducciones son menores.

Comparando el efecto que tienen los abonos sobre el rendimiento (promedio de las diferentes dosis), se nota que el mayor efecto lo tiene la gallinaza, produciendo aumentos del 68.3, 71.8 y 176 % en los sustratos S1, S2 y S3, respectivamente, al compararse con el testigo, correspondiendo el mayor porcentaje al S3. Tendencia similar se observa para la pulpa de café, pero con incrementos menores.

Considerando los promedios generales por sustrato, que incluye los valores del testigo, gallinaza y pulpa de café, se observa la misma tendencia anteriormente señalada, es decir la existencia de diferencias altamente significativas entre sustratos (Fig. 2b y Cuadro 4), con disminución del rendimiento en un 28.9 y 31.3 en los sustratos S2 y S3, respectivamente. De igual manera se destaca la bondad de los abonos orgánicos en recuperar la productividad, especialmente la gallinaza, que superó ampliamente a la pulpa de café, cuyos incrementos fueron del orden del 97 y 40 %, respectivamente, en comparación con el testigo. El efecto de las dosis sobre el rendimiento, se presenta en el Cuadro 5, al promediar los valores obtenidos en los diferentes sustratos.

Cuadro 5. Efecto de las dosis de los abonos sobre el peso fresco de la raíz (g/UE)

Dosis	Gallinaza	Pulpa de café	Prom.Gen. (%)	Incremento* Mg/ha
0	65.4(b)	65.4(b)	65.4	-
5	111.8(b)	73.1(ab)	92.4	41.4
10	145.1(a)	105.8(a)	125.5	91.9
15	136.6(ab)	95.2(a)	115.9	77.4

* Con respecto al testigo

La prueba de Duncan separa las dosis en dos grupos, estando los menores valores en el grupo (b), que se corresponde con la dosis más baja (5 Mg/ha) y los mayores valores en el grupo (a) que se corresponde con las dosis más altas (10 y 15 Mg/ha). Se destaca además el efecto de las dosis de los abonos sobre el rendimiento. Al considerar el promedio se observa que las dosis de 5, 10 y 15 Mg/ha aumentan el peso de la raíz en un 41.4, 91.9 y 77.4 %, respectivamente, en relación al testigo. Este efecto se visualiza más claramente en la Figura 2b.

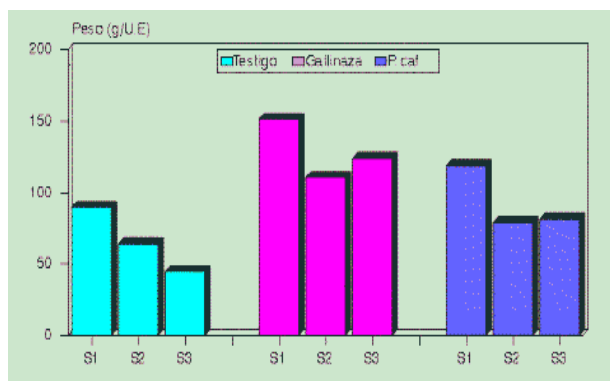


Figura 2a. Efecto de los diferentes abonos orgánicos sobre el rendimiento de la remolacha.

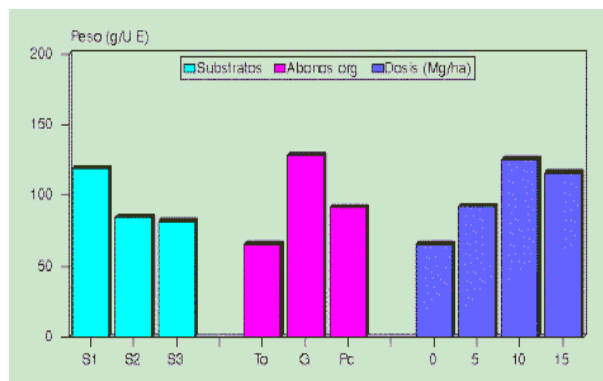


Figura 2b. Efecto de los diferentes substratos, abonos orgánicos y dosis sobre el rendimiento de la remolacha.

CONCLUSIONES

1. La aplicación de abonos orgánicos tuvo un cierto efecto mejorador de algunas características físicas del suelo (Da, K, MR y Porosidad), a pesar del poco tiempo del ensayo.
2. La remoción del suelo superficial disminuyó substancialmente los rendimientos en un 26 y 48 % para los substratos S2 y S3, respectivamente en comparación con S1.
3. Se notó un efecto positivo de los abonos orgánicos en recuperar la fertilidad, en especial la gallinaza que resultó ser el mejor.
4. En términos generales los rendimientos de la remolacha aumentaron con las dosis. encontrándose que para 10 Mg/ha hay un incremento de más del 90% al ser comparado con el testigo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Almaras, R.R.; P.W.Unger and D.W. Wilkins. 1985. Conservation Tillage Systems and Soil Productivity. Soil Erosion and crop Productivity. American Society of Agronomy. Inc. and Crop Science of America. Inc. Publishers. Madison, Wisconsin USA. p:358-404.
- Foster, G.R.; R.A. Young; J. M. Romkens and C.A. Onstad. 1985. Processes of soil erosion by water. Soil Erosion and Crop Productivity. American Society of Agronomy. Inc., and Crop Science Society of America. Inc. Publishers. Madison, Wisconsin, USA. p: 137-159.
- Fumero y R. López. 1991. Influencia de la remoción del suelo superficial y la aplicación de abonos sobre la productividad de suelos agrícolas en los Andes Venezolanos. XI Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Coro. Venezuela. (Resúmenes).
- Greb, B.W. and D.E Smika. 1985. Topsoil removal effects on soil chemical and physical properties. In Soil Erosion and Conservation. Edited by S.A El-Swaify, W.C.Moldenhauer and Andrew Lo. p: 316-327.
- Gordon, M. 1985. Soil Erosion and Crop Productivity: a worldwide perspective. Soil Erosion and Productivity. American Society of Agronomy. Inc., Crop Science Society of America. Inc. Publishers. Madison, W. USA. p: 173-187.
- Hurni, H. 1985. Erosion, Productivity Conservation Systems in Ethiopia. IV International Conference on Soil Conservation. Maracay, Venezuela. p: 654-673.
- Lal, R. 1985. Soil Erosion and its Relation to Productivity in Tropical Soils. Soil Erosion and Conservation. Soil Conservation Society of America. Ankeny, USA, p:237-247.
- Larson, G.A.; F.J. Pierce and L.J. Winkelman. 1985. Soil Productivity and vulnerability indices for erosion control programs. In Erosion and Soil Productivity: ASAE. Publication. 8-85.
- López, R. 1991. Erosion y productividad del suelo. Material de enseñanza. CIDIAT. Mérida. Venezuela. 45p.
- Ojeda, E. y X. Abreu. 1984. Los suelos de la Estación Experimental Bajo Seco. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía, UCV. Maracay, Venezuela. 182 p.
- Pla, I. 1978. Dinámica de las propiedades físicas y su relación con problemas de manejo y conservación en suelos agrícolas de Venezuela. Trabajo de ascenso. Fac. de Agronomía. UCV. Maracay, Venezuela. 201 p.
- Pla, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico, de problemas de manejo y conservación en condiciones tropicales. Rev. Facultad de Agronomía Alcance 32. UCV. Maracay, Venezuela. 91 p.
- Sparoveck, G., E. Teramoto, D. Toreta, T. Rochele, E. Shayer. 1991. Erosao simulada e a produtividade da cultura do milho. R.Bras.Ci. Solo., Campinas, 15:363-368.
- Stocking, M. and L. Peake. 1985. Erosion- induced loss in soil productivity: trends in research and international cooperation. IV International Conference on Soil Conservation. Maracay, Venezuela. p: 399-438.
- 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, Venezuela. 113 p.