
EFFECTOS DE LA EROSIÓN SIMULADA Y MANEJO DE RESIDUOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE UN ALFISOL DEL ESTADO GUÁRICO, BAJO CULTIVO DE SORGO (*Sorghum bicolor*).

*Effects of simulated soil erosion and organic residues on an Alfisol productivity of Guárico State, under sorghum (*Sorghum bicolor*)*

Deyanira Lobo* y Rigoberto Vivas **

* Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Apdo. 4579, Maracay. ** SEHIVECA, Apdo. 1343, Cagua, Edo. Aragua.

Resumen

La erosión del suelo constituye el principal proceso de degradación de las tierras. Este proceso ha sido estudiado ampliamente, mas no su efecto sobre la productividad. El presente trabajo tuvo como finalidad evaluar los efectos de diferentes niveles de cobertura de residuos vegetales (0, 50 y 100% de cobertura) y diferentes niveles de remoción del horizonte superficial (0, 50 y 100% del horizonte superficial) en relación a las pérdidas de agua, suelo y nutrimentos en un Typic Haplustalf del estado Guárico, cultivado con sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench). El ensayo fue realizado bajo condiciones de invernadero, con aplicaciones de lluvias artificiales y prácticas agronómicas características de la zona (fertilización antes de la siembra y reabonamiento aproximadamente a los 25 días después). El diseño experimental fue totalmente aleatorizado con un arreglo de tratamiento factorial 3x3 y 3 repeticiones, con un total de 27 unidades experimentales, siendo bandejas de erosión de 30 cm por 20 cm de área y 10 cm de profundidad, las utilizadas para realizar dicho experimento. El experimento consistió, en la aplicación de lluvias a través de un simulador de lluvia de invernadero sobre los diferentes tratamientos de cobertura y remoción del suelo superficial, donde se recogió y se midió para cada tratamiento las pérdidas de suelo, el volumen de agua de escorrentía superficial y las pérdidas de nutrimentos asociados al agua de escorrentía y sedimentos erosionados. Las aplicaciones se realizaron semanalmente hasta completar 40 días al final

del experimento. Los resultados obtenidos permiten concluir, en términos generales, que a mayor remoción del suelo se producen mayores pérdidas de agua, suelo y nutrimentos. Así mismo a mayor cobertura del suelo por los residuos vegetales, las pérdidas disminuyen. Esto se debe a que a menor remoción y mayor cobertura se produce una mayor penetración y almacenamiento de agua, mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes, menores pérdidas de suelo, lo que obviamente repercutió en un mejor crecimiento y desarrollo del cultivo de sorgo.

Palabras claves: Erosión, residuos vegetales, productividad, sorgo.

Abstract

Soil erosion is a main land degradation process. This process has been widely studied, but not the erosion-productivity relationships. The purpose of this study was to evaluate the effects of simulated erosion and residues management on water, soil and nutrient losses, and soil productivity, using sorghum (*Sorghum bicolor*) as an index crop. The experiment was carried out under greenhouse conditions on a Typic Haplustalf, from Chaguaramas, Guárico State, Venezuela. The treatments included 0, 50 and 100% removal of the surface horizon, and 0, 2 and 5 Kg/ha of residues (*Cenchrus ciliaris*) left on the soil surface, in a completely randomized experimental design, with three replications. The experimental units were erosion boxes

(20 cm x 30 cm and 10 cm depth) each with five plants of sorghum, which were harvested after 40 days. Simulated rainfall (33 mm, at 70 mm/h) was applied every 8 days. Soil, water and nutrients losses, plant height, dry matter production, and root depth were evaluated. The increment of remotion levels of the surface horizon incressed runoff and soil erosion, and reduced plant height and rooting depth. The differences between remo-

tion levels of the surface horizon were highly significant. The increment in levels of residue cover resulted reduced runoff and soil loss, and increased plant height and root depth.

Key words: Erosion, vegetables residues, productivity, sorghum.

INTRODUCCIÓN

Los Llanos Centrales de Venezuela representan una región agropecuaria importante, caracterizada por Sistemas de Producción en su mayoría mixtos (Arias, 1980), y en particular la zona de "Chaguaramas" del estado Guárico, una región que ha mostrado un desarrollo agrícola acelerado en los últimos 25 años.

Paralelamente al desarrollo agrícola, se ha ocasionado una disminución de la capacidad productiva de los suelos, afectada principalmente por problemas de degradación y erosión hídrica, ligados a la alta erosividad de las lluvias que encuentran un suelo con inadecuada protección, debido al tipo de utilización de la tierra, (Pla, 1988; Páez, 1980). Tales problemas se han manifestado no solo en altas pérdidas de suelo sino en irregularidades en el balance hídrico (Pla *et al.*, 1981) y en pérdidas significativas de nutrimentos (Casanova *et al.*, 1989; Lobo, 1987). La situación planteada ha llevado a la búsqueda de alternativas con la finalidad de controlar tales pérdidas.

Así, se han probado con éxito, tanto en condiciones de campo como de invernadero, prácticas como: labranza mínima (Fusagri, 1987; Sánchez, 1984; Páez y Rodríguez, 1987), cultivo en franjas (Casanova *et al.*, 1989), coberturas de residuos (Lobo, 1987), emulsiones asfálticas (Pla *et al.*, 1981; Lobo, 1987), ya que las pérdidas de agua, suelo y nutrimentos en los suelos (Alfisol) de Chaguaramas revisten particular importancia pues, la profundidad efectiva de los mismos se ve restringida por el horizonte argílico, cercano a la superficie, que presenta limitaciones de orden físico, baja permeabilidad y alta resistencia a la penetración de agua y raíces, y de orden químico, baja fertilidad y en algunas áreas, altos contenidos de sodio, razón por la cual se asume que al perderse el suelo por erosión, la productividad del mismo se ve afectada negativamente.

La cubierta vegetal, la vegetación u otro tipo de cobertura protege de diversas maneras el suelo contra la erosión: amortigua el impacto de las gotas de lluvia, ofrece resistencia al agua en movimiento y disminuye la velocidad de escurrimiento de la misma (FAO, 1967). Lal (1975) encontró en un Alfisol en Nigeria que la erosión disminuía con el aumento de las tasas de "mulch", resultando un mejor comportamiento con las de 4 y 6 t.ha⁻¹. Tal efectividad fue comparable con la no labranza, la cual promueve la presencia de residuos sobre la superficie. Las coberturas, al prevenir la escorrentía y pérdidas de suelo, también han sido efectivas controlando las pérdidas de

nutrimentos en solución y en sedimentos erosionados (Lal, 1976; Lobo, 1987).

En el presente estudio se plantea evaluar los efectos de la erosión simulada, y de diferentes niveles de residuos vegetales, sobre el comportamiento del proceso erosivo y la productividad en un Alfisol del estado Guárico, utilizando sorgo (*Sorghum bicolor*) como cultivo indicador, bajo condiciones controladas

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en condiciones de invernadero (Instituto de Edafología-UCV) con el suelo denominado "Chaguaramas", muestreado en la finca "El Gólgota" a 16 Km de la localidad de Chaguaramas, estado Guárico. El suelo ha sido clasificado como Typic Haplustalf (Páez, 1983), con una profundidad del horizonte superficial de 10 cm, cuyas principales características se presentan en el Cuadro 1.

Se aplicaron los siguientes tratamientos:

- DA: Suelo desnudo, 0% de remoción del horizonte superficial
- C1A: 50% de cobertura, 0% de remoción
- C2A: 100% de cobertura, 0% de remoción
- DAB: Suelo desnudo, 50% de remoción
- C2AB: 100% de cobertura, 50% de remoción
- C1AB: 50% de cobertura, 50% de remoción
- DB: Suelo desnudo, 100% de remoción
- C1B: 50% de cobertura, 100% de remoción
- C2B: 100% de cobertura, 100% de remoción

Las unidades experimentales fueron bandejas de erosión de 20 cm x 30 cm de área y 10 cm de profundidad, en las cuales se sembró sorgo híbrido Chaguaramas II, a razón de 300.000 plantas.ha⁻¹, es decir 2 plantas.bandeja⁻¹. Se fertilizó con la fórmula comercial 12-24-12 en dosis de 300 Kg.ha⁻¹ (1,8 g.bandeja⁻¹), distribuyendo ésta al voleo para incorporarla. También se realizó un reabonamiento con urea a razón de 100 Kg.h⁻¹ a (0,6 g/bandeja) a los 25 días después de la siembra. Se colocó la cobertura de residuos, a razón de 2 y 5 t.ha⁻¹ de (cadi-llo bobo) para 50% y 100% de cobertura de residuos, respectivamente.

Cuadro 1. Principales características del suelo Chaguaramas.

Características	Horizontes	
	Superficial	Subsuperficial
Arcilla (%)	18,0	26,0
Limo (%)	29,0	30,0
Arena muy fina (%)	27,0	27,0
Arena fina (%)	21,0	13,5
Arena media (%)	3,5	2,0
Arena gruesa (%)	1,0	1,0
Arena muy gruesa (%)	0,5	0,5
Clase textural	Fa	F
Densidad aparente (Mg.m ³)	1,3	1,6
Porosidad total (%)	49,9	39,5
Porosidad de aireación (%)	15,9	7,5
% de agregados estables con $\phi > 2$ mm.	15,7	12,5
pH 1:1 H ₂ O	5,85	6,20
Materia orgánica (%)	2,87	1,62
Nitrógeno (%)	0,11	0,081
Fósforo disp. (ppm)*	38,00	25,00
Calcio disp. (ppm)*	1018,00	970,00
Potasio disp. (ppm)*	46,00	10,00
Sodio disp. (ppm)*	97,00	286,00

* Carolina del Norte (Mehlich 1)

El período de ensayo fue de 40 días, durante los cuales se aplicaron 6 lluvias simuladas con una intensidad de 70 mm. h⁻¹, durante 28 minutos, cada una; colocando las bandejas con una pendiente de 4%, considerada representativa de la zona en estudio. Asimismo se realizaron mediciones de altura de plantas a los 25 y 40 días, así como profundidad de las raíces y producción de materia seca de la parte aérea y de raíces, a los 40 días. El diseño experimental fue completamente aleatorizado, con un arreglo de tratamiento factorial 3x3 y 3 repeticiones. A los resultados obtenidos se les realizó análisis de varianza y pruebas de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos sobre las pérdidas de agua y suelo

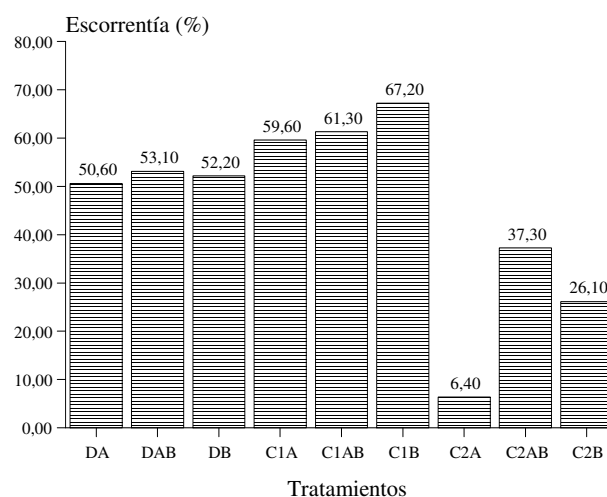
En la Figura 1 se presenta el porcentaje de escorrentía superficial promedio para los diferentes tratamientos de cobertura y remoción de suelo, donde se observa que existen diferencias notables con respecto a las pérdidas de agua por escurrimiento superficial para los diferentes niveles de remoción, encontrándose en promedio un 38.8%, 50.6% y 48.5% para 0, 50 y 100% de remoción, respectivamente (Cuadro 2). No obstante,

cuando la cobertura del suelo es máxima (100%), las pérdidas de agua disminuyen, especialmente, en el caso del suelo con 100% de cobertura de residuos y 0% de remoción, el cual produjo un % de escorrentía bastante bajo, 6%. Las pérdidas de agua, relativamente mayores, en los tratamientos con 50% de remoción, pueden atribuirse a la estratificación del suelo, un horizonte Franco arenoso sobre uno Franco con menor permeabilidad, que hace que el riesgo de escurrimiento sea mayor

En relación a las pérdidas de suelo (Figura 2), se observa la tendencia a una mayor pérdida de suelo con mayor remoción del horizonte superficial, debido probablemente a la alta proporción de partículas de limo, arena fina y muy fina que le confieren al suelo alta separabilidad y baja estabilidad de los agregados, haciendo esto que el suelo sea más susceptible a ser separado por el impacto de las gotas de lluvia y a ser arrastrado por el agua de escorrentía, la cual sigue la misma tendencia. Tal situación se agrava en el horizonte subsuperficial por los altos niveles de sodio, debido a que por su acción dispersante magnifica los efectos mencionados.

Cuadro 2. Efectos de los niveles de remoción y cobertura sobre el porcentaje de escorrentía

Niveles de Remoción	Niveles de Cobertura			
	0%	50%	100%	Promedio
0%	50,6	59,6	6,4	38,8
50%	53,1	61,3	37,3	50,6
100%	52,2	67,2	26,1	48,5
Promedio	52,0	62,7	23,3	

**Figura 1.** Porcentaje de escorrentía para los diferentes tratamientos.

En cuanto a los efectos de la cobertura sobre las pérdidas de suelo se tiene, que a medida que aumenta la cobertura, disminuyen las pérdidas de suelo significativamente (Cuadro 3), encontrándose que tal disminución fue de un 76.8 %, con 50% de cobertura y hasta en un 99.3% con 100% de cobertura.

Cuadro 3. Efecto de los niveles de remoción y cobertura sobre las pérdidas de suelo.

Niveles de Remoción	Niveles de Cobertura			
	0%	0,5	1	Promedio
0%	241	112	34	11,9
0,5	385	135	131	178
1	484	182	172	228
Promedio	370	143	112	

Efectos sobre la productividad del suelo, utilizando sorgo como cultivo indicador

En el Cuadro 4 y Figura 3, se presentan las mediciones realizadas en el cultivo de sorgo durante el período de ensayo, que reflejarían los efectos sobre la productividad del suelo.

Cuadro 4. Parámetros de crecimiento del sorgo

Tratamiento	Altura de Plantas (cm)		Longitud de Raíces (cm)	Materia Seca (g · 0.06 m ²)	
	25 días	40 días		Aérea	Raíces
	DA	18	19,5	4,88	0,24
DAB	17	17	3,7	0,11	0,03
DB	1,5	6	1	0,03	0
C1A	35	53,5	8,5	2,38	0,3
C1AB	29	49	5,25	2,27	0,4
C1B	18	30	4,5	0,51	0,04
C2A	48	87,5	10	14,6	1,73
C2AB	54	68	10	17,98	1,97
C2B	44	73,5	7,5	10,85	0,72

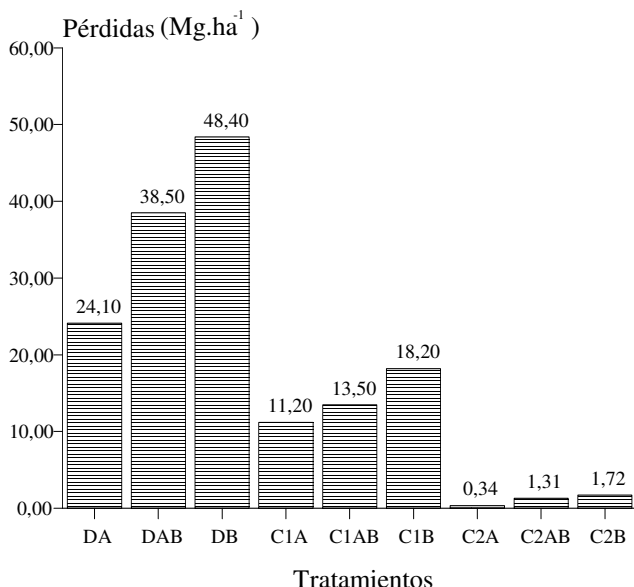


Figura 2. Pérdidas de suelo para los diferentes tratamientos.

Se puede observar que las mayores alturas de plantas, profundidad de raíces y materia seca de la parte aérea y de raíces, corresponden a los tratamientos con 100% de cobertura,

mientras que en los tratamientos con 50% el desarrollo del cultivo fue menor, y en los sin cobertura no prosperó más allá de los 25 días. Esto se puede atribuir a que hubo mayor penetración y almacenamiento de agua, lo cual supone además una mayor eficiencia en la utilización de los nutrientes del suelo y los aplicados en la fertilización.

En cuanto a los niveles de remoción se encontró que a mayor remoción, los parámetros de rendimiento resultaron menores, debido probablemente a las condiciones para la penetración de raíces que ofrecen los diferentes sustratos, a las condiciones de humedad y a la presencia de alto contenido de sodio en el horizonte subsuperficial.

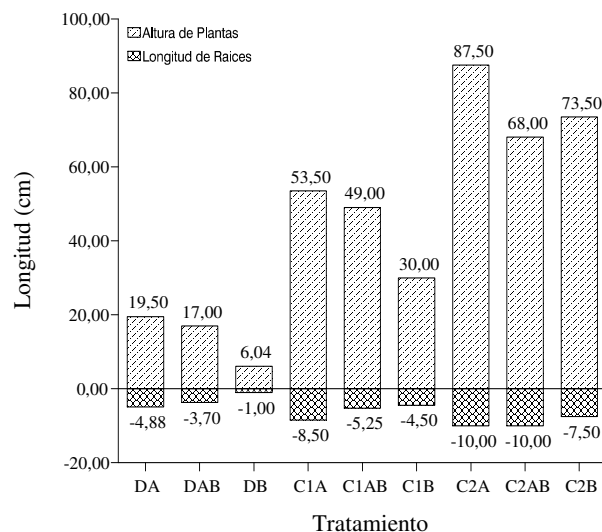


Figura 3. Parámetros de crecimiento del sorgo.

CONCLUSIONES

La erosión hídrica representada en este caso por niveles de remoción artificial, afecta significativamente la productividad del suelo "Chaguaramas", ya que a medida que aumenta la remoción del suelo superficial, se incrementan las pérdidas de agua y suelo.

Las coberturas de residuos vegetales en un nivel del 100% (5 Mg/ha) reducen significativamente las pérdidas de agua, suelo y nutrientes en los diferentes niveles de remoción del suelo superficial, siendo la mejor alternativa para mantener la productividad del suelo "Chaguaramas". Niveles de cobertura menores del 100% parecen no ser tan efectivos para disminuir tales pérdidas.

La reducción de las pérdidas de suelo y agua y con niveles de cobertura del 100% conllevaron a un mejor desarrollo del cultivo de sorgo y a una mayor extracción de nutrientes por parte del mismo, lo cual influyó también en la disminución de las pérdidas, actuando como cobertura adicional.

De no hacerse ningún tipo de manejo del suelo que involucre la protección del horizonte superficial, en pocos años el suelo "Chaguaramas" dejará de ser productivo, debido a la

alta susceptibilidad a perderse por erosión hídrica.

RECONOCIMIENTO

Los autores expresan su reconocimiento al CDCH-UCV por el apoyo financiero para efectuar la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- ARIAS, L. 1980. Diagnóstico de sistemas de producción. Herramienta de planificación de la investigación en la Estación Experimental del Norte-Oriente de Guárico. FONAIAP Valle de la Pascua. estado Guárico. p. 36.
- CASANOVA, E., PÁEZ, M. y RODRÍGUEZ, O. 1989. Pérdida de nutrimentos por erosión bajo diferentes manejos en dos suelos agrícolas. Revista de la Facultad de Agronomía de la UCV. Alcance 37:33-43.
- FAO, 1967. La erosión del suelo por el agua. Cuadernos de fomento agropecuario. N° 81 Roma. 207 p.
- FUSAGRI, 1987. Noticias Agrícolas, Fundación Servicio para el Agricultor, Vol. XI:15.
- LAL, R. 1975. Soil erosion problems on an Alfisol in Western Nigeria and their control. IITA. Monograph N° 1. 160 p.
- LAL, R. 1976. Soil erosion on Alfisol in Western Nigeria, IV. Nutrient element losses in runoff and eroded sediments. Geoderma, Vol. 16:403-417.
- LOBO, D. 1987. Efecto de la aplicación superficial de residuos vegetales y emulsiones asfálticas sobre las pérdidas de suelo y nutrimentos en un Alfisol con cultivos de sorgo. Tesis MSc, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela. 35 p
- PÁEZ, M. 1980. Contribución al estudio de la precipitación como factor de erosión en condiciones tropicales. Chaguaramas (Edo. Guárico). Tesis MSc, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela. 79p.
- PLA, I., A. FLORENTINO y D. LOBO. 1981. Regulación del régimen hídrico de suelos bajo agricultura de secano en Venezuela mediante la aplicación superficial de emulsiones de asfalto. Rev. Fac. Agron. UCV, Vol. 1-2: 137-163.
- SÁNCHEZ, R. 1984. Evaluación de herbicidas y procesos del suelo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) bajo sistemas de labranza: Convencional y Mínima en Chaguaramas (Estado Guárico). Tesis MSc, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 153 p