

Cambios en la productividad de un Ultisol degradado mediante la aplicación de estiércol bovino

L. Jiménez^{1,2}, N. Noguera¹, M. Larreal¹

¹Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía, estado Zulia, Venezuela.

Resumen

Con el objeto de evaluar el efecto del estiércol bovino como enmienda orgánica sobre la productividad de un suelo degradado, se efectuó un ensayo en una finca ubicada en el bosque seco tropical en la Machiques Colón. El diseño experimental empleado fue bloques al azar con un arreglo de parcelas divididas 2 x 3 (2 grados de pendiente 0 – 3%, 3 – 8% y tres niveles de estiércol 0 – 60 y 120 Mg ha⁻¹) con 6 repeticiones por tratamiento, empleando como cultivo indicador el pasto *Brachiaria humidicola*. Un año postaplicación se determinó la biomasa aérea (BA) y radical (BR) acumulada de pasto y vegetación y se caracterizaron los perfiles del suelo hasta un metro de profundidad determinando las variables físicas: agua útil (AU), densidad aparente (Da), porcentaje de arcilla (% A) y tipo de estructura (E); y químicas: pH, carbono orgánico (CO) y saturación con aluminio (SA). Los valores observados fueron aplicados a un modelo de índice de productividad de suelo para determinar el IP. De acuerdo a los resultados BA y BR fueron significativamente mayores en los tratamientos estercolados. AU no se vio afectado por la enmienda, E mejoró notablemente en los tratamientos estercolados, pH y CO aumentaron significativamente con la enmienda orgánica, mientras que SA se redujo significativamente. IP mostró diferencias significativas entre grados de pendientes y niveles de estiércol siendo, mayor en los tratamientos con grado de pendiente 0-3% y en los que recibieron estiércol. Los cambios físicos y químicos logrados con la enmienda significaron un mejoramiento del IP que fue limitado por las condiciones físicas del subsuelo, lo que abre la posibilidad para ensayos posteriores en los que se combinen sistema de labranza vertical e incorporación profunda del estiércol.

Palabras clave: productividad, degradación de suelo, enmienda orgánica.

Introducción

La productividad del suelo entendida como la capacidad del mismo para acumular energía en forma de vegetación (26), es función de propiedades físicas, químicas y biológicas que definen la tasa a la cual una porción de tierra puede acumular biomasa en un cultivo específico (2). El uso y manejo inadecuado de los suelos causa cambios desfavorables a la productividad de los mismos, lo que trae consigo un desmejoramiento en la capacidad para producir bienes y servicios en una forma gradual o acelerada. Este proceso se conoce como degradación del suelo y no es otra cosa que la disminución o pérdida de la productividad, por la acción de procesos físicos, químicos y biológicos determinados por las condiciones del medio y las prácticas de manejo (2,15).

En el caso de la Machiques Colón, el uso bajo pastos con sistemas de ganadería de doble propósito, ha llevado en los últimos seis años a la aparición de áreas de suelos completamente degradadas, correspondientes al afloramiento de horizontes argílicos; en las cuales no hay crecimiento de la vegetación por lo que son conocidos como «calveros» o «calvicies». Esto crea la necesidad de evaluar métodos de restauración de la productividad del

suelo en dichas áreas, para lo cual el uso de materiales orgánicos, específicamente los de origen animal, son una alternativa viable por sus efectos positivos sobre las propiedades físicas y químicas del suelo relacionadas con la productividad.

La aplicación de estiércol a los suelos causa cambios favorables en las condiciones físicas tales como: aumentos en la infiltración básica (12), disminución de la densidad aparente (28), incremento en la retención de humedad (12) y reducción de la resistencia mecánica a la penetración (5). También ha probado ser mejorador de las condiciones químicas al causar incrementos en el contenido de carbono orgánico (25) y disminución en la toxicidad por aluminio (16).

Estos cambios guardan relación con la productividad del suelo, según el modelo de índice de productividad propuesto por Delgado y López (4), el cual se propone como herramienta para evaluar el efecto del estiércol bovino sobre la productividad, hipotetizando que los efectos positivos del mismo sobre las propiedades del suelo en las áreas degradadas repercutirían positivamente sobre el índice de productividad.

Materiales y métodos

Ubicación del ensayo, condiciones agroecológicas y suelos:

El ensayo se realizó en el área de Machiques Colón, estado Zulia, a 10°

latitud Norte y 72° de longitud oeste, zona de vida de Bosque Seco Tropical (6).

El suelo corresponde a áreas con afloramiento del horizonte argílico, con texturas superficiales de franco a

franco arcillosas y subsuperficiales de franco arcillosas a arcillosas; clasificado según el Soil Taxonomy como *Typic Paleudult franco fino*.

Cultivo indicador y prácticas agronómicas:

El pasto alambre (*Brachiaria humidícola*) fue empleado como bioindicador, por sus características de rusticidad y crecimiento rápido y decumbente, el cual garantiza rápida cobertura del terreno (20).

Para la siembra se emplearon estolones que fueron sembrados a 0,5 m x 0,5 m de acuerdo con la metodología sugerida por el Centro Interamericano de Agricultura Tropical (CIAT), en el manual de evaluación agronómica para pastura (3), quince días postaplicación del estiércol. Posterior a la siembra, el pasto no recibió ningún tratamiento adicional de fertilización, no se controlaron malezas ya que se consideró que cualquier especie de planta era favorable para la cobertura y recuperación del suelo y tampoco se efectuó control de plagas y enfermedades.

Tratamientos y su aplicación:

Los tratamientos estuvieron representados por la combinación de tres niveles de estiércol bovino 0, 60 y 120 Mg ha⁻¹ y los dos rangos de pendiente existentes en las áreas degradadas 0-3% y 3-8%, lo que representó un total de seis tratamientos. Se emplearon 6 repeticiones por tratamiento lo que arroja un total de 36 parcelas de 20 m² (5 m x 4 m), 18 por cada nivel de pendiente; distribuidas en 6 bloques de tres parcelas cada uno por cada nivel de

pendiente

Estas áreas recibieron dos pases de rastra para romper las costras y facilitar la aplicación de los tratamientos. Posterior a esto se delimitaron en cada una de las áreas dieciocho parcelas de veinte metros cuadrados (5x4 m) una al lado de la otra en cada área, para evitar la influencia de un tratamiento sobre otro por efecto del arrastre.

Las parcelas fueron delimitadas en sus laterales y parte superior de la pendiente por tablones de madera con el fin de evitar la influencia de la escorrentía.

Fueron evaluados tres niveles de estiércol bovino (0-60-120 Mg ha⁻¹) considerando además los dos niveles de pendiente existente en las áreas degradadas (0-3%) y (3-8%). El estiércol empleado fue curado en un estercolero por cinco meses y presentaba la composición química indicada en el cuadro 1, según determinaciones propias. El mismo fue esparcido en forma manual sobre cada parcela e incorporado con la ayuda de una rastra liviana de discos.

Variables respuestas:

Biomasa acumulada:

La biomasa aérea seca fue evaluada cosechando el material acumulado en un área muestra de 1 m² de cada parcela siguiendo la metodología del manual de evaluación agronómica del CIAT (3). La biomasa radical fue muestreada en la misma superficie obteniendo las raíces de los 10 cm superficiales por excavación y lavado.

Variables físicas y químicas relacionadas con la productividad del suelo:

Cuadro 1. Características del estiércol empleado como enmienda.

MS (%)	69,37
Cenizas en base seca (%)	47,88
Cenizas en base fresca (%)	33,21
Nitrógeno (mg kg^{-1})	2,80
Fósforo (mg kg^{-1})	9,80
Potasio (mg kg^{-1})	6,20
Calcio (mg kg^{-1})	89,31
Magnesio (mg kg^{-1})	17,85
Sodio (mg kg^{-1})	59,66
Zinc (mg kg^{-1})	23,79
Cobre (mg kg^{-1})	320,00
Manganeso (mg kg^{-1})	550,00
Hierro (mg kg^{-1})	23,91

La determinación de las variables del suelo relacionadas con el índice de productividad, fue realizada mediante la caracterización de los perfiles del suelo de cada parcela hasta la profundidad de un metro, colectando en cada horizonte dos muestras simples para la caracterización física y química.

Variables físicas:

Agua útil: fue evaluada por el método de olla y plato a presión equilibrando las muestras de suelo a -33 Kpa y -1500 Kpa. La diferencia en el contenido gravimétrico de humedad entre ambos niveles de tensión, corresponde al agua útil que fue expresado en g kg^{-1} (23).

Contenido de arcilla y tipo de estructura: el contenido de arcilla fue determinado mediante análisis mecánico por pipeta (14) y el tipo de estructura mediante la caracterización morfológica del perfil del suelo de acuerdo con la guía para la descripción de perfiles de suelo (7).

Densidad aparente y fragmentos

gruesos: la densidad aparente fue evaluada mediante el método de cilindro de volumen con un muestreador tipo Uhland (22). La proporción de fragmentos gruesos en cada muestra fue determinada separando el esqueleto grueso por tamizado; el volumen se determinó aplicando el principio de Arquímedes, colocando la fracción gruesa en un cilindro graduado con un volumen inicial de agua conocido, siendo el volumen desplazado correspondiente al volumen de fragmentos gruesos (22).

Variables químicas:

Reacción del suelo (pH): fue evaluada mediante el método potenciométrico (21).

Carbono orgánico: fue determinado mediante el método de combustión húmeda (1).

Saturación con aluminio: determinando la relación porcentual entre la capacidad efectiva de intercambio catiónico, por suma de bases y el contenido de hidrógeno y aluminio por KCl a pH de suelo (14).

Índice de productividad del suelo:

fue determinado aplicando los valores de cada una de las variables físicas y químicas al modelo de índice de productividad propuesto por Delgado y López (4). El cual asume que bajo determinadas condiciones de manejo clima y cultivo, el rendimiento depende de las condiciones edáficas que propicien un adecuado crecimiento radical. El modelo consta de ecuaciones empíricas que permiten establecer relaciones entre el rendimiento y las variables edáficas consideradas.

Diseño experimental y

análisis estadísticos:

El diseño empleado fue bloques al azar con seis repeticiones por tratamiento, con un arreglo en parcelas divididas dos por tres representado por dos niveles de pendientes y tres niveles de estiércol.

Los análisis estadísticos fueron efectuados utilizando el paquete estadístico del SAS (24), e incluyeron análisis de varianzas mediante el procedimiento GLM, separación de medias por LSM y pruebas de correlación por Pearson.

Resultados y discusión

Biomasa aérea y radical:

El análisis de varianza demostró que la biomasa aérea varió significativamente entre niveles de abonamiento orgánico. Tal como se ilustra en la figura 1, la misma se incrementó significativamente de 249,53 g m⁻² para E₀ a 1211,99 g m⁻² para E₁ y a 1324,47 g m⁻² E₂, los cuales no mostraron diferencias. Estos resultados reflejan la importancia de la materia orgánica como mejorador de la productividad, efecto que según Hegde (11) se debe a que el estiércol es capaz de suministrar el cincuenta por ciento de los requerimientos de nitrógeno, además de suministrar calcio y magnesio (16) y micronutrientes (29).

Los valores de biomasa acumulada para los tratamientos estercolados fueron en todos los casos superiores a los valores reportados por González y Newman (10), quienes han señalado para el área del Bosque Seco Tropical, producción de materia seca para *Brachiaria*

humidícola de 300 g m⁻² para el período húmedo y 63,6 g m⁻² para el período seco; sin embargo las medias, observadas son más comparables con los valores de producción anual de materia seca reportados por Tergas (27) quien señala que ésta puede oscilar entre 110 y 300 g m⁻² año⁻¹ dependiendo de la disponibilidad de fósforo y nitrógeno.

Las diferencias entre los valores reportados por González y Newman (10) y los observados en este ensayo son atribuibles a las siguientes razones: i) en el ensayo se muestreó biomasa acumulada en cada etapa sin dar cortes de uniformidad, ii) la muestra del ensayo incluía no sólo el pasto (*Brachiaria humidícola*) sino además especies diversas cuyas semillas iban en el estiércol y iii) la materia orgánica tuvo efectos favorables en la acumulación de biomasa al mejorar la disponibilidad del fósforo y nitrógeno.

La biomasa radical mostró diferencias altamente significativas entre niveles de abonamiento orgánico,

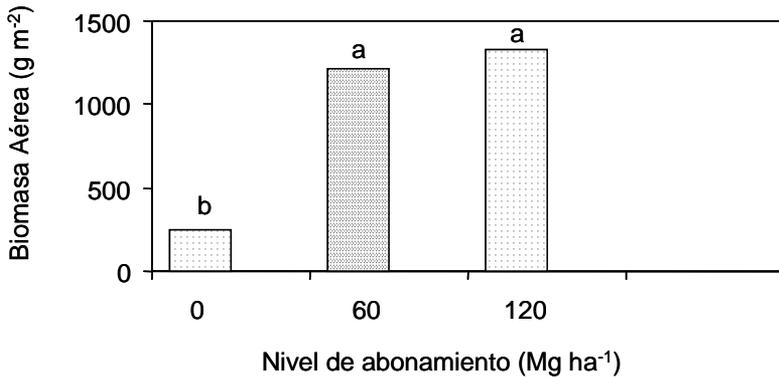


Figura 1. Efectos del nivel de abonamiento con estiércol bovino sobre la biomasa aérea acumulada del pasto alambre (*B. humidicola*).

las cuales pueden apreciarse en la figura 2. Como se ve, el peso seco radical se incrementó significativamente de 55,83 g m⁻² para E₀ a 145,35 g m⁻² para E₁ y a 178,79 g m⁻² para E₂ siendo éstas últimas estadísticamente similares. Efectos similares en respuesta al abonamiento orgánico han sido reportados por Ghoshal y colaboradores (9), los cuales son explicables por el mejoramiento de las condiciones edáficas relacionadas con el desarrollo radical tales como estructura, consistencia, densidad aparente y macroporosidad.

Variables físicas:

Agua útil: los valores de agua útil tendieron a ser mayores en los tratamientos que recibieron estiércol con valores promedios de doce observaciones de 64,45% para E₀, 64,60% para E₂ y 66,70% para E₃; sin embargo, el análisis de varianza demostró que esta variable no fue significativamente afectada por la aplicación de la enmienda orgánica, ni

por el grado de pendiente.

Estos resultados difieren de los reportados por Herrick y Lal (12) y Tester (28), quienes coinciden al señalar que el uso de enmiendas orgánicas incrementa significativamente la fracción de agua aprovechable por las plantas. Hudson (13), señala que el incremento en el carbono orgánico asociado a la aplicación de enmiendas orgánicas, puede correlacionarse con un incremento en la fracción agua útil; pero en algunos casos factores como la estructura del suelo enmascaran este efecto. Flores (8) reporta resultados similares a los de este ensayo al no encontrar tendencias claras en el aumento fracción agua útil con la aplicación de estiércol caprino y cachaza.

Contenido de arcilla y tipo de estructura: de acuerdo con los análisis mecánicos el contenido de arcilla en las áreas degradadas varió entre un 25 y 65% con clara tendencia a incrementarse a medida que se profundiza en el

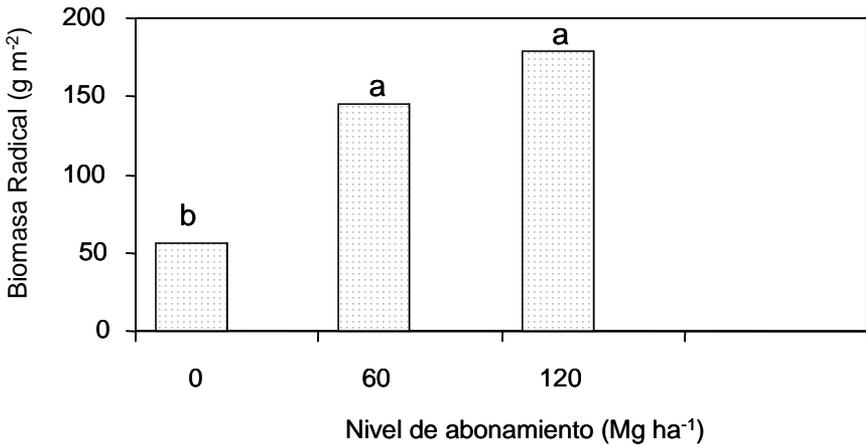


Figura 2. Efectos del nivel de abonamiento con estiércol bovino sobre la biomasa radical acumulada del pasto alambre (*B. humidicola*).

perfil del suelo; con rangos texturales que fluctuaron entre franco y arcilloso.

La estructura al inicio del ensayo era predominantemente masiva, y en muy pocos casos se observaron estructuras débiles de tipo blocosa subangular. Al final del ensayo las capas superficiales de las parcelas enmendadas presentaron mejores condiciones estructurales, efecto atribuible a la capacidad de la materia orgánica para promover la agregación del suelo por su efecto cementante, tal como lo señala Mazurak y colaboradores (17) así como también al incremento de la actividad biológica (12).

Densidad aparente y fragmentos gruesos: la densidad aparente en la capa superficial mostró tendencia a ser menor en los tratamientos estercolados. Los resultados del análisis de varianza demostraron la existencia de diferencias significativas en densidad aparente entre niveles de abonamiento

orgánico, las cuales se ilustran en la figura 3, en la que puede apreciarse que el promedio de densidad aparente se redujo significativamente de 1,54 Mg m⁻³ a 1,45 Mg m⁻³ y a 1,44 Mg m⁻³ para E₀, E₁ y E₂ respectivamente (promedios de 12 observaciones, n=12).

La reducción en el valor de densidad aparente se explica por el aumento de la macroporosidad del suelo asociada al mejoramiento de la estructura discutido anteriormente, de acuerdo con lo señalado por Herrick y Lal (12). Esto representa un cambio favorable y significativo en el grado de compactación del suelo, a pesar que los valores observados son altos para suelos con los rangos texturales observados cuyo límite superior según Pla (22) es 1,3 Mg m⁻³. Este cambio favoreció el desarrollo radical en los lotes enmendados; afirmación que fue corroborada mediante un análisis de correlación, en el cual se encontró una asociación significativa y negativa

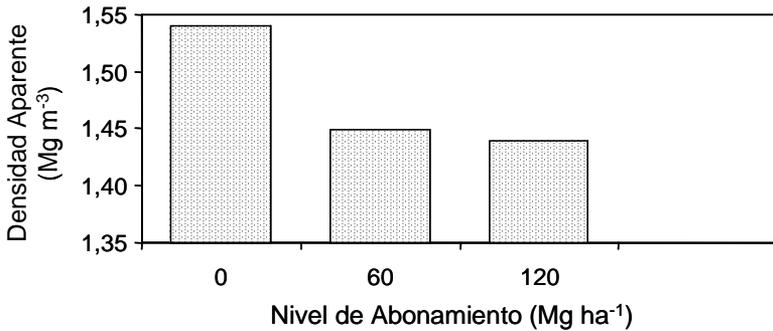


Figura 3. Efectos del nivel de abonamiento con estiércol bovino sobre la densidad aparente del suelo cultivado con pasto alambre (*B. humidicola*).

entre el peso seco de las raíces y la densidad aparente, aunque con un coeficiente de correlación bajo de $-0,37$.

La densidad aparente del subsuelo se incrementó con la profundidad, con valores que oscilaron entre $1,6$ y $1,9 \text{ Mg m}^{-3}$ que claramente indican que se trata de un suelo compacto, de acuerdo a lo señalado por Pla (22) y por lo tanto restrictivo del desarrollo radical.

El contenido volumétrico de fragmentos gruesos en las capas superficiales fue despreciable para todas las parcelas; la proporción de esqueleto grueso se incrementó con la profundidad en el perfil, pero en ningún caso alcanzó valores suficientes como para afectar las posibilidades de desarrollo radical y la productividad del suelo de acuerdo con lo señalado por Delgado y López (4).

Variabes químicas:

Reacción del suelo (pH): el análisis de varianza demostró que la reacción del suelo varió significativamente entre niveles de

abonamiento orgánico. Las diferencias observadas se ilustran en la figura 4, en la que puede verse que el pH se incrementó significativamente de un valor de $5,65$ par E_0 a $6,01$ y $6,38$ para E_1 y E_2 respectivamente.

Los incrementos observados en los valores de pH coinciden con los reportados por Omaliko (19), Tester (28) y Olivier y Bornemisza (18) quienes han señalado que la aplicación de residuos orgánicos eleva el pH de los suelos, lo cual esta asociado a los contenidos de bases cambiables como calcio y magnesio y al efecto tamponador de la materia orgánica que actúa como un regulador de la acidez neutralizando hidrógeno.

Carbono orgánico: esta variable mostró diferencias estadísticas significativas entre niveles de estiércol. Los tratamientos E_2 presentaron un promedio de $26,07 \text{ g kg}^{-1}$ seguidos por E_1 con $18,1 \text{ g kg}^{-1}$ y E_0 con $11,86 \text{ g kg}^{-1}$ (figura 5). Estos efectos coinciden con lo señalado por Eghball y Power (5) y son similares a los observados por Sing

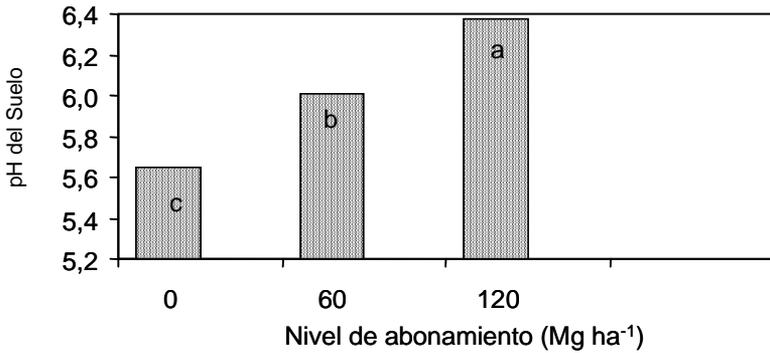


Figura 4. Efectos del nivel de abonamiento con estiércol bovino sobre la reacción del suelo cultivado con pasto alambre (*B. humidicola*).

y colaboradores (25), Tester (28) y Hegde (11).

Saturación con aluminio: las diferencias encontradas entre niveles de abonamiento orgánico fueron estadísticamente significativas. Como se ilustra en la figura 6 ésta se redujo significativamente con valores de 14,11, 5,87 y 1,11 % para E₀, E₁ y E₂ respectivamente. Este cambio se asocia al efecto quelatante de la materia orgánica, la cual es capaz de complejar

el aluminio restándolo de la solución del suelo, tal como ha sido señalado por Lungu y colaboradores (16)

Índice de productividad del suelo:

El análisis de varianza demostró que el valor del IP varió significativamente entre grados de pendiente y niveles de estiércol. La figura 7 ilustra las diferencias encontradas entre grados de pendientes. Como puede verse, el IP

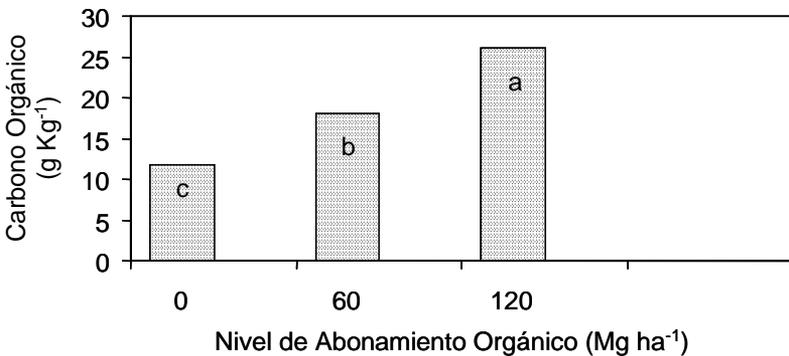


Figura 5. Efectos del nivel de abonamiento con estiércol bovino sobre el contenido de carbono orgánico del suelo cultivado con pasto alambre (*B. humidicola*).

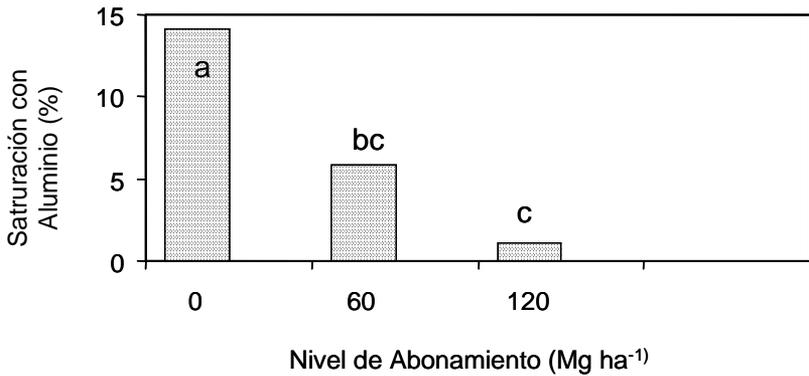


Figura 6. Efectos del nivel de abonamiento con estiércol bovino sobre la saturación con aluminio del suelo cultivado con pasto alambre (*B. humidicola*).

observado para S_1 fue 0,20, significativamente mayor al de S_2 (0,05). Estas diferencias fueron determinadas por las condiciones físicas de los horizontes subsuperficiales en los lotes correspondientes S_2 , las cuales limitaron la profundidad efectiva del suelo a los 10 o 15 cm superficiales que fueron enmendados; debido a la presencia de capas muy compactas,

con clase textural muy fina (Arcilloso) y densidad aparente mayor o igual a $1,60 \text{ Mg m}^{-3}$ (4). Los lotes correspondientes a S_1 presentaron condiciones físicas en el subsuelo más favorables y por ende mayor IP.

Las diferencias entre niveles de abonamiento orgánico se muestran en la figura 8, en la que se aprecia que los lotes estercolados presentaron valores de IP significativamente mayores que

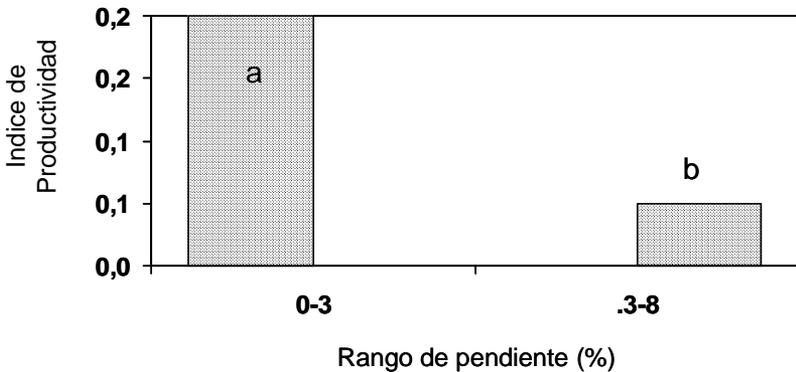


Figura 7. Efectos del grado de pendiente sobre el índice de productividad del suelo.

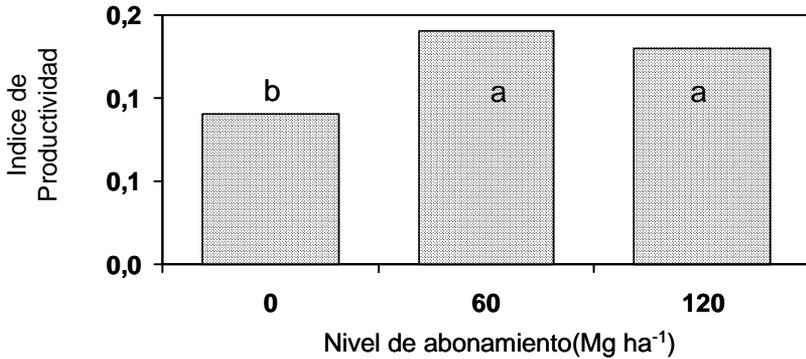


Figura 8. Efectos del nivel de abonamiento con estiércol bovino sobre el índice de productividad del suelo.

los alcanzados por los no enmendados con medias de 0,14, 0,13 y 0,09 para E_2 , E_1 y E_0 respectivamente. Estas diferencias se asocian a cambios favorables en las condiciones físicas y químicas del suelo, que determinan una mayor capacidad para acumular biomasa; sin embargo el IP no mostró correlación significativa con el peso seco de raíces, a pesar de ser un estimador del desarrollo radical; mientras el peso aéreo seco de la vegetación presentó una

correlación significativa al 6% con un coeficiente de correlación bajo de 0,31.

La inexistencia de asociación entre el índice de productividad y el desarrollo radical, podría atribuirse a que el crecimiento ocurrió a expensas del soporte físico y los nutrientes de la capa de suelo enmendada, con condiciones más favorables. El subsuelo aporta muy poco al crecimiento de la vegetación y al IP.

Conclusiones y recomendaciones

La aplicación de estiércol bovino como enmienda orgánica sobre áreas degradadas causó cambios favorables en las condiciones físicas y químicas del suelo superficial, relacionadas con la productividad. Desde el punto de vista de las condiciones físicas los cambios favorables ocurridos fueron la disminución en la densidad aparente y el mejoramiento en la estructura del suelo. Los cambios químicos fueron más notorios que los físicos y

estuvieron representados por el aumento en el contenido de carbono orgánico del suelo, aumento en el pH y disminución en el grado de saturación con aluminio.

Los cambios en las condiciones físicas y químicas en los lotes enmendados con estiércol bovino, favorecieron el desarrollo de la vegetación por lo que se observó mayor biomasa aérea y radical en éstos. Este efecto se explica por el aumento en la

disponibilidad de nutrimentos y la disminución de la densidad aparente que favoreció el desarrollo radical.

El mejoramiento en las condiciones físicas y químicas se tradujo en cambios significativos en el índice de productividad del suelo, los cuales fueron más notorios en las áreas con pendiente 0 – 3%. La baja respuesta al cambio del índice de productividad del suelo en las áreas con pendiente 3 – 8%, se explicó por las condiciones físicas tan adversas que se observaron en el subsuelo; lo cual sugiere la necesidad de nuevos ensayos, en los cuales se empleen sistemas de

labranza vertical acompañados con la incorporación profunda del estiércol; con lo cual se lograría mejorar las condiciones físicas del subsuelo y lógicamente el índice de productividad. Además es necesario la evaluación del índice de productividad más allá del tiempo de duración de este ensayo, ya que de persistir la vegetación puede esperarse que el efecto de las raíces, la actividad biológica y el movimiento del agua causen cambios físicos favorables en el subsuelo y en IP, lo que lógicamente tomará tiempo mayor de un año.

Literatura citada

1. Allison, L.G. 1965. Organic Carbon En.: C. Black; Evans D.D.; White J.L.; Ensminger L.E. Lark F.E. (Eds). Methods of soil analysis: American Society of Agronomy. Madison Wisconsin. Pp 1367-1378.
2. Bruce R.R, G.W. Langdale, L.T. West and W.P. Miller. 1995. Surface soil degradation and soil productivity restoration and maintenance. Soil Sci. Soc. Am. J. 59: 654-660.
3. Centro Internacional de Agricultura Tropical 1982. Manual para la evaluación agronómica, Red Internacional de evaluación de pasto tropicales Editor Técnico: José M. Toledo. Cali Colombia. 170p.
4. Delgado F. y R. López. 1995. Validación de un modelo erosión-productividad en suelos de los Andes Venezolanos. Mimeo.
5. Eghball, B. and J. Power. 1994. Beef cattle Feedlot manure management. J. Soil and Water Cons. 49:113-122.
6. Ewel, J. y Madriz, A. 1976. Zonas de Vida de Venezuela, Memoria explicativa sobre el Mapa Ecológico MAC. Caracas.
7. FAO. 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelo. Servicio de fomento y conservación de recurso suelo. Segunda edición. Roma. 70p.
8. Flores E. 1990. Efecto de la remoción del suelo superficial y el abonamiento sobre la productividad de un Oxix Haplustalf en la faja Maicera de Yaracuy. Tesis M. Sci. Maracay: UCV. 90 p.
9. Ghoshal, N. and K. P. Singh. 1995. Effect of Farmyard Manure and chemical fertiizer on total net production, yield and root necromass in a dryland rice-lentil agroecosystem. Trop. Agric. 72: 225-230.
10. González, R y Y., Newman. 1995. Respuesta del pasto *Brachiaria humidicola* a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos de "Las sabanas de la villa" (Bosque seco tropical). Rev. Fac. Agron. (LUZ) 12:331-341.
11. Hegde, D.M. 1997. Integrated use of inorganic and organic Fertilizers in a rice-rice (*Oryza sativa* L) cropping system. Trop. Agric. (Trinidad) 2: 90-95.

12. Herrick J. E. and R. Lal. 1995. Soil physical property changes during Dung. Descomposition in a tropical pasture. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59:908-912.
13. Hudson B. De 1994. Soil organic matter and available water capacity. *J. Soil and Water Cons.* 49: 189-194.
14. International Soil Reference Information Centre. 1993. Procedure for soil analysis. L.P. van Reewijk (De). Technical paper. Wageningen. Holland. 90 p
15. López R. 1991. Erosión y productividad del suelo. CIDIAT. Mérida, 45p.
16. Lungu, O.I, Temba, B.Chirwa and C. Lungu. 1993 Effects of lime and farmyard manure on soil acidity and maize growth on acid Alfisol from Zambia *Trop. Agric. (Trinidad)* 4:309-314.
17. Mazurak, A.P., L. Chesnin and A.A. Thijeel. 1978. Effects of Beef cattle Manure on water stability of soil aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41: 613-615.
18. Olivier R. C. y E. Bornemisza. 1.990. Efecto de residuos orgánicos y abonamiento mineral sobre las propiedades químicas de un Typic Humitropept en Turrialba Costa Rica. *Agronomía costarricense.* 14: 237-240.
19. Omaliko, C.P. 1984. Dung descomposition and its effects on the soil component of a tropical grassland ecosystem. *trop. Ecol.* 25:214-220.
20. Paredes J.R. 1987. Estudio de gramíneas, leguminosas y sus asociaciones en un ultisol del bosque húmedo de la cuenca del Lago de Maracaibo. Trabajo de ascenso. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Maracaibo, Venezuela
21. Peech N. 1965. Hydrogen ion activity. P 914-926. En: C. A. Black; Evans D.D.; White J.L Ensminger L.E; Clark, F.E. (Eds). *Methods of soil analysis.* American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin.
22. Pla I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelo en condiciones tropicales. *Alcance-Revista de la Facultad de Agronomía UCV-Maracay.* Venezuela. 32:5-91.
23. Richards, L. 1965. Physical condition of water in soil En: C.A. Black Evans D.D.; White J.L Ensminger L.E; Clark.; F.E. (Eds). *Methods of soil analysis.* American Society of Agronomy Madinson. Wisconsin. pp 128-152.
24. SAS Institute Inc. 1982. S.A.S. Statistics. North Caroline University. Pp 575.
25. Singh, Y., B. Singh, M.S. Maskina and O. P. Meelu. 1995. Response of wet land rice to nitrogen from cattle manure and urea in a rice wheat rotation. *Trop. Agric.* 72: 91-96.
26. Stocking L. 1985. Erosion-induced loss in soil productivity: trends in research and international cooperation p. 399-438. En: I. Pla (Ed) *Soil Conservation and Productivity.* Proceedings IV International Conference on Soil Conservation, Maracay, Venezuela.
27. Tergas, L.E. 1981. El potencial de *Brachiaria humidicola* para suelos ácidos e infértiles en América trópic. *Pastos tropicales, Boletín informativo (Colombia)* 4: 12-13.
28. Tester C.F. 1990. Organic amendmets effects on physical and chemical properties of a sandy Soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 827-831.
29. Wallingford G.W., L.S. Murphy, W.L. Powers and H.L. Monges. 1975. Effects of beef feedlot manure and Lagoon water on iron, zinc, manganese and cooper content in corn and DTPA soil extracts *soil Sci. Soc. Am. J.* 39: 482-487.