

Cambios en algunas condiciones físicas de un ultisol degradado, en el área de la Machiques Colón, en respuesta a la aplicación de estiércol bovino¹

Physical conditions changes in a degraded ultisol, as response to the application of cattle dung in the Machiques-Colón area

L. Jiménez², M. Larreal², N. Noguera², M. Vargas⁴, R. Gonzalez⁴

Resumen

Para evaluar los cambios en algunas condiciones físicas de un suelo degradado en respuesta a la aplicación de tres niveles de estiércol bovino (0,60 y 120 Mg ha⁻¹) se realizó un ensayo de campo en el área de la Machiques Colón (Bosque seco tropical). Se empleó un diseño experimental en bloques al azar con seis repeticiones y arreglo en parcelas divididas en espacio rangos de pendiente 0-3% y 3-8 %) y tiempo (época de muestreo). Durante un año y a los 4 - 8 y 12 meses se evaluaron cambios físicos: densidad aparente (Da), macroporosidad (Mp), permeabilidad (K) e infiltración básica (Ib). Según los resultados Da se redujo significativamente con la enmienda con valores medios de 1,58 - 1,51 y 1,48 Mg m⁻³ para 0, 60 y 120 Mg ha⁻¹ de estiércol respectivamente. Mp se incrementó significativamente en los lotes estercolados y mostró diferencias estadísticas entre muestreos. K fue significativamente mayor en los tratamientos que recibieron estiércol con promedios de 0,34- 0,76 y 2.23 cm h⁻¹ para cada nivel de enmienda. Ib no se vio afectada por el abonamiento orgánico y varió significativamente entre muestreos.

Palabras clave: Degradación de suelos, características físicas, abonos orgánicos, densidad aparente, macroporosidad, permeabilidad, infiltración básica.

Abstract

In order to evaluate physical conditions changes in a degraded soil as response to the applications of three levels of cattle dung (0.60 or 120 Mg ha⁻¹) a field trial was carried out in the Machiques-Colón area (dry tropical forest). Using a randomized block design with six replications and split plot arrangement

Recibido el 25-04-1999 • Aceptado el 26-07-1999

1. Proyecto 2245.96 financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) de La Universidad del Zulia.

2. Profesor de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia. E mail: jflores@iamnet.com

3. Postgrado en Manejo de Recursos Naturales Renovables UNELLUZ.

in space (slope ranges 0-3, 3-8 %) and time (sampling season). Physical changes bulk density (Da), macroporosity (Mp), permeability (I) and basic infiltration (Ib) were evaluated during one year (4, 8, 12 months). According to the results, Da was significantly reduced by the amendment reaching average values of 1.58, 1.51 and 1.48 Mg m⁻³ for 0, 60 and 120 Mg ha⁻¹ respectively. Mp significantly increased with the amendment and showed statistical differences between sampling. Potassium significantly increased with the amendment reaching average values of 0.34, 0.76 and 2.23 cm h⁻¹ for each amendment level and showed significant changes between sampling.

Key words: soil degradation, physical characteristics, organic manure.

Introducción

La pérdida de productividad de suelos bajo pasturas debido al sobrepastoreo y la quema es un problema grave en América Tropical (6), relacionado con el desmejoramiento en las condiciones físicas del suelo que determinan la entrada y movimiento del agua. El uso de cargas excesivas y pastoreo continuo desmejora las condiciones hidrológicas del suelo al causar reducción de la estabilidad de agregados (15) aumento de la densidad aparente y disminución de la macroporosidad (7), que conllevan al aumento del escurrimiento.

El aumento de la escorrentía, causa erosión acelerada que lleva normalmente al afloramiento de capas con condiciones físicas indeseables como: alto contenido de arcilla y bajo contenido de materia orgánica que restringe la infiltración (2) y baja retención de humedad al ser capas esqueléticas gravosas y compactas (11).

En el caso de la Machiques Colón, la ocurrencia de procesos de erosión acelerada en pastizales ha llevado al afloramiento de horizontes argílicos, lo que se ha convertido en obstáculo para el desarrollo de la vegetación por

presentar porcentajes de arcilla mayores del 60%, acompañados de densidades aparentes superiores a 1,60 Mg m⁻³. Este fenómeno se evidencia en el campo como calveros bien delimitados en los que no hay vegetación. Esta situación amenaza la sustentabilidad de los sistemas de ganadería de doble propósito establecidos en el área, además de tener efectos negativos para la conservación de los suelos de este sector.

La aplicación de estiércol bovino como enmienda orgánica es una alternativa para mejorar las condiciones físicas de dichas áreas y facilitar así el desarrollo de la vegetación. En este sentido son frecuentes los reportes en la literatura técnica en los cuales se señalan cambios físicos favorables, asociados a la aplicación de una enmienda orgánica; tales como: aumento de la infiltración básica (6), disminución de la densidad aparente y aumento de la macroporosidad (16,6).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar los efectos del estiércol bovino sobre algunas características

físicas del suelo en las áreas degradadas y su posible acción benéfica

sobre el, desarrollo de la vegetación y la productividad del suelo.

Materiales y métodos

Ubicación y condiciones agroecológicas. El ensayo se realizó en una finca comercial de la zona ubicada a 13 kilómetros de Machiques en la vía Machiques-Colón, estado Zulia, ubicada a 10 grados de latitud Norte y 72 grados de longitud Oeste, con una altura media sobre el nivel del mar de 100 m, temperatura media de 28°C y humedad relativa promedio de 59%. El valor medio de la precipitación oscila entre 1.400-1.600mm con una evaporación de 2.200mm. Desde el punto de vista de zonas de vida según Holdridge, el área corresponde al bosque seco tropical (4).

Geología, geomorfología y suelos. Según COPLANARH (3) el substrato geológico del área lo constituye la formación La Villa la cual ha sido fosilizada por intensos procesos de coluviación. El paisaje corresponde a una altiplanicie con un relieve ondulado con pendientes medias de 15 a 20%.

Los calveros (áreas desprovistas de vegetación) sobre los que se ubicó el ensayo, corresponden al afloramiento de horizontes argílicos con texturas superficiales de francas a franco arcillosas y subsuperficiales de franco arcillosas a arcillosas, dichas áreas se caracterizan por la ausencia de vegetación. Según el soil Taxonomy (14) pertenecen al subgrupo Typic Paleudult Francoso Fino. Desde el punto de vista geomorfológico están ocurren en dos posiciones. Una

vertiente media con pendientes locales de 3 a 8% y una parte baja de vertiente, con pendiente locales de 0 a 3%. El material en superficie es duro, en su mayoría similar a un pavimento, lo que indica que es compacto y restringe la penetración del agua y el desarrollo radical.

Las características físicas más resaltantes son conductividad hidráulica muy lenta para las vertientes bajas; y baja para las medias; densidad aparente, alta; macroporosidad inferior al 10% lo cual ocasiona problemas en el caso de agricultura de secano (10); retención de humedad entre -33 kPa y -1000 kPa superiores al 10%, lo cual indica que no son limitantes (10); infiltración básica lenta y resistencia mecánica a la penetración, muy alta, superior a 2.000 kPa, lo cual tipifica al material de suelo como duro, según la Sociedad Americana de Ingeniería Aplicada (1).

Tratamientos y su aplicación. Los tratamientos estuvieron representados por tres niveles de estiércol bovino (0-60 y 120 Mg ha⁻¹) identificados como E₀, E₁ y E₂, en combinación con los dos rangos de pendiente existentes en las áreas degradadas (0-3%) y (3-8%), designados como S₁ y S₂. La combinación de ambos factores arroja un total de seis tratamientos.

El estiércol fue aplicado en forma sólida, ajustando la dosis correspondiente a 20 m²

volumetricamente para facilitar la aplicación. El cálculo fue realizado tomando en cuenta la densidad en peso fresco del estiércol, cuyo valor fue de $0,83 \text{ Mg m}^{-3}$; esto significó la aplicación de un volumen de 360 litros (18 baldes de 20 litros) por parcela para el nivel 60 Mg ha^{-1} y de 720 litros (36 baldes de 20 litros) para el nivel 120 Mg ha^{-1} , esparcidos en forma manual sobre cada parcela e incorporados con la ayuda de una rastra liviana de discos.

Se emplearon seis repeticiones por tratamiento lo que arroja un total de treinta y seis parcelas (36), dieciocho por cada rango de pendiente distribuidos aleatoriamente en lotes de tres parcelas, para formar así 6 bloques por cada nivel de pendiente.

VARIABLES RESPUESTAS Y MÉTODOS DE MEDICIÓN. Los períodos de evaluación preestablecidos para las características físicas fueron 4, 8 y 12 meses posteriores a la instalación del ensayo, designados como P_1 , P_2 y P_3 respectivamente. Estos correspondieron a la época húmeda (Agosto-Diciembre), época seca (Diciembre-Abril) y a la época transicional e inicio de época húmeda (Abril-Agosto). El ensayo fue instalado el 22 de Agosto de 1996 y finalizó el 22 de Agosto 1997.

La caracterización física fue realizada antes de la aplicación de tratamientos y después en los períodos establecidos. En aquellos casos en que se requirió la toma de muestras, sólo

se consideraron los 10 cm superficiales enmendados. Las variables estudiadas fueron las siguientes:

Densidad aparente, medida por el método de cilindro de volumen, expresada en Mg m^{-3} (10).

Macroporosidad mediante la mesa de tensión (10).

Infiltración básica por el método de cilindros infiltrómetros en cm h^{-1} (5).

Permeabilidad con el permeámetro de carga variable, expresada en cm h^{-1} (10)

Diseño experimental. El diseño empleado fue bloques al azar con seis repeticiones, con arreglo en parcelas divididas en tiempo y en espacio $2 \times 3 \times 3$, representado por dos rangos de pendiente (separación en espacio), tres niveles de estiércol (variable independiente) y tres períodos de muestreo (separación en el tiempo).

Los análisis estadísticos fueron efectuados empleando el paquete de análisis estadístico SAS (12). Se realizaron análisis de variancia mediante el procedimiento GLM y separación de medias por LSM y correlación por Pearson. Para aquellas variables expresadas en porcentajes se empleó la transformación angular $\arcsen \sqrt{x}$ para mejorar el ajuste. Para las variables expresadas en escala ordinal se empleó la transformación $\sqrt{x+0.5}$.

Resultados y discusión

Densidad aparente y macroporosidad. Los valores fueron empleados para evaluar la evolución en

la compactación con el abonamiento orgánico, ya que se trata del mismo suelo (10). En todos los tratamientos la

densidad aparente fue superior al límite propuesto por Pla (10), como alto para suelos de rango textural entre arcilloso y franco arcilloso ($1,3 \text{ Mg m}^{-3}$). Sin embargo, los tratamientos estercolados mostraron menores valores de densidad aparente que los no enmendados.

El análisis de variancia de los datos demostró que ésta varió significativamente entre niveles de abonamiento orgánico. La figura 1 ilustra estas diferencias, como puede verse, el valor de densidad aparente decreció significativamente con el nivel de abonamiento orgánico de $1,61 \text{ Mg m}^{-3}$ en los tratamientos E_0 a $1,51 \text{ Mg m}^{-3}$ en E_1 y a $1,45 \text{ Mg m}^{-3}$ en E_2 .

El promedio de los lotes no enmendados superó 1,07 veces el observado en los lotes tratamientos E_1 y 1,11 veces superior a la observada en E_2 ; en tanto que el promedio de E_1 superó 1,04 veces el observado para E_2 . Estos resultados son similares a los obtenidos por Herrick y Lal (6) y por Tester (16), aunque las variaciones porcentuales observadas fueron menores a las señaladas por estos autores oscilando, para el presente trabajo entre 4 y 11 % mientras que Tester (16) reportó de 25 a 45 % y Herrick y Lal (6) reportaron 16 % de variación.

Según Tester (16) y Thompson y colaboradores (17), la reducción en la densidad aparente debe afectar significativa y positivamente el desarrollo radical. Esto fue confirmado con los resultados de la prueba de correlación, según la cual el peso seco de raíces y de parte aérea de la vegetación presentaron asociación significativa y negativamente con la

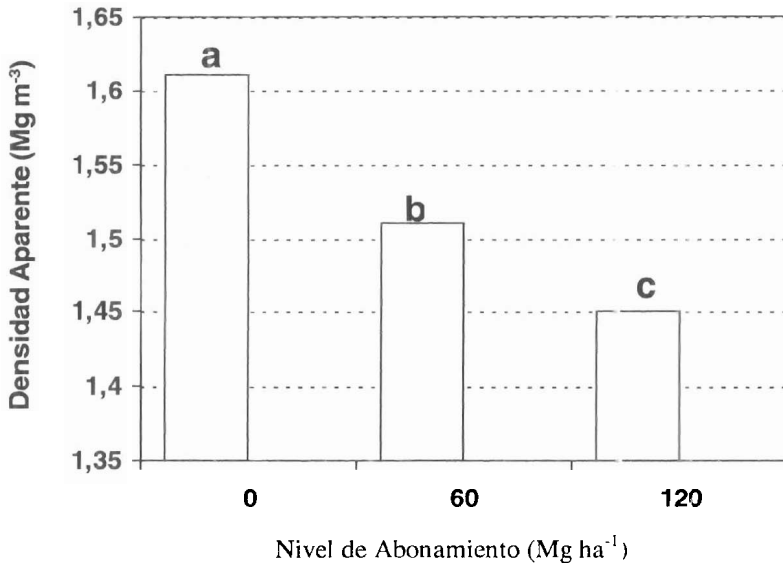
densidad aparente, aunque con coeficientes de correlación bajos de -0,37 y -0,51 respectivamente; es decir a menor valor de densidad aparente mayor valor de peso seco radical y aéreo.

Macroporosidad. Los valores observados en los tratamientos E_1 , en la generalidad de los casos son inferiores al 10 % y por lo tanto limitantes para el desarrollo radical, en especial si se considera el uso bajo seco y que las lluvias son concentradas y erráticas (10). En los tratamientos que recibieron estiércol la macroporosidad fue superior al 10 % en todos los muestreos lo que representó un cambio significativo en el grado de compactación.

Según el análisis de variancia para los datos esta variable mostró diferencias altamente significativas entre niveles de abonamiento orgánico y períodos de muestreo; tal como queda ilustrado en la figura 2, los valores medios más altos de macroporosidad correspondieron en los tres muestreos a los tratamientos E_2 con valores de 14,27 %, 15,96 % y 13,01 % para P_1 , P_2 y P_3 respectivamente, de los cuales el tercero fue significativamente menor que los dos primeros.

El nivel E_1 presentó promedios de macroporosidad significativamente menores a los observados en el nivel E_2 , en los dos primeros muestreos con valores de 12,29 % y 13,19 % mientras que en P_3 alcanzó un promedio de 12,37 % que no difirió significativamente de lo observado en el nivel E_2 .

Para los tratamientos E_0 , se observaron valores de macroporosidad significativamente menores que los



Barras con letras distintas difieren significativamente al 5%.

Figura 1. Efectos del estiércol sobre la densidad aparente.

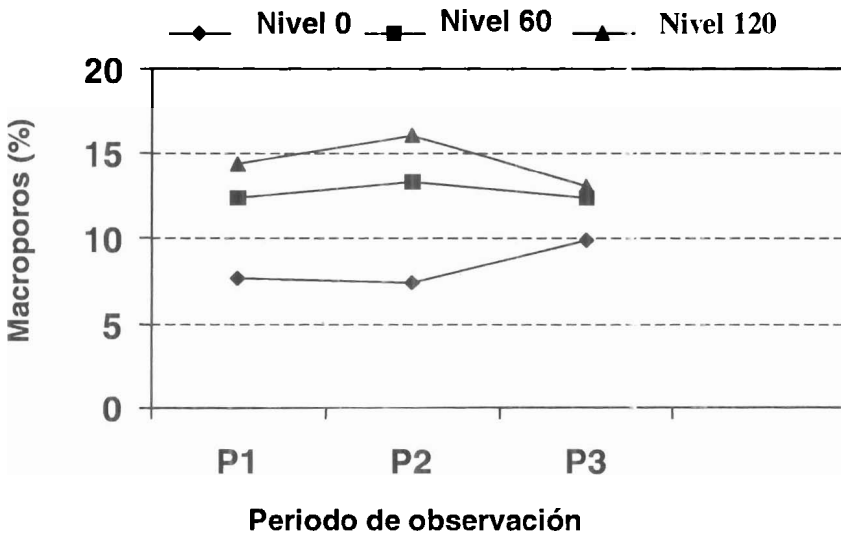


Figura 2. Efectos del estiércol sobre la macroporosidad en los tres periodos de muestreo.

correspondientes a los tratamientos E_1 y E_2 , que con promedios de 7,63 %, 7,35% y 9,94 % para cada época respectivamente, de los cuales el tercero fue significativamente mayor. Estos resultados corroboran lo señalado por Herrick y Lal (6) en cuanto a que la disminución en la densidad aparente es debida al aumento de la macroporosidad.

La tendencia observada en la figura 2 para los niveles de estiércol E_1 y E_2 indica un aumento de macroporosidad del primer muestreo al segundo, explicable por el aumento del desarrollo radical y el efecto positivo del estiércol sobre la estructura por el incremento de la actividad biológica y el efecto cementante de la materia orgánica, los cuales llevan a la formación de agregados estructurales de mayor tamaño y por lo tanto a una mayor porosidad (8). El descenso en el tercer período indica la respuesta reológica del suelo que tiende a regresar a su condición inicial por la disminución del efecto de la materia orgánica, el cual según Sen y colaboradores (13) es de carácter temporal y tiende a desaparecer después de un año. En lotes no estercolados, la macroporosidad se mantiene casi constante entre la primera y segunda época y sube en el tercer muestreo, lo cual fue atribuido a fallas en la determinación.

Permeabilidad e infiltración básica. Los valores correspondientes a los tratamientos que no recibieron estiércol fueron en la generalidad de los casos inferiores a 5 mm h^{-1} , lo que indica limitaciones en el movimiento del agua en el suelo para agricultura de secano (10). Los tratamientos que

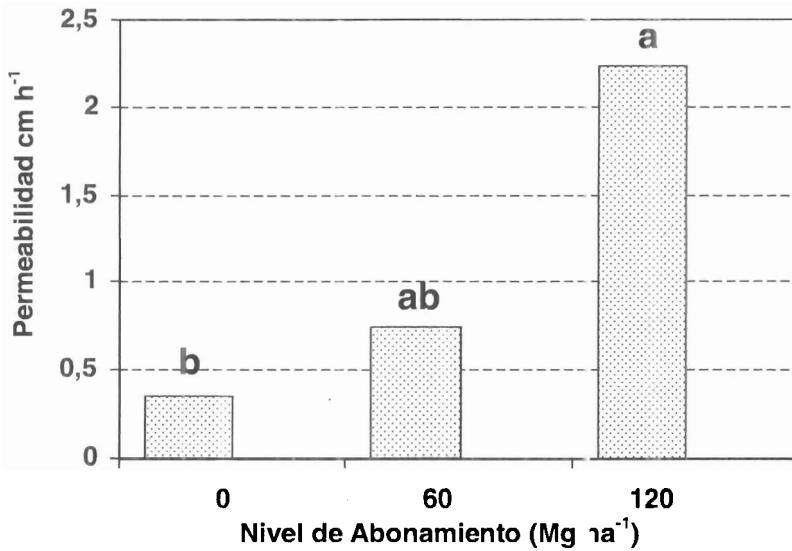
recibieron estiércol alcanzaron promedios mayores, que en la mayoría de los casos superaron el límite inferior deseable de 5 mm h^{-1} .

El análisis de variancia de los datos demostró la existencia de variaciones significativas entre niveles de abonamiento orgánico. En los tratamientos E_1 se observó una media de $2,23 \text{ cm h}^{-1}$ la cual fue 2,97 veces mayor que la observada en los tratamientos E_1 ($0,75 \text{ cm h}^{-1}$), aunque no fueron estadísticamente diferentes. Los tratamientos que no recibieron estiércol alcanzaron un promedio de permeabilidad de $0,35 \text{ cm h}^{-1}$ que fue significativamente menor que el observado para E_2 (6,4 veces) y no difirió significativamente con el observado para E_1 , aunque fue 2,9 veces menor (figura 3)

Las variaciones entre niveles de enmienda orgánica se explican por los cambios en la macroporosidad, tal como lo indican Pikul y Allmaras (9) el aumento del carbono orgánico lleva al aumento de la actividad biológica y por tanto de la permeabilidad al ocurrir mayor proporción y continuidad de poros trasmisores de agua.

Infiltración básica. Los valores observados en todos los tratamientos fueron siempre mayores a 5 mm h^{-1} , valor éste que es considerado por Pla (10) como el límite mínimo deseable en un suelo para agricultura de secano.

El análisis de variancia demostró que esta variable no fue afectada significativamente por los niveles de abonamiento orgánico; explicable por el hecho de que sólo fueron enmendados los 10 cm superficiales del suelo y la infiltración básica de un suelo en el campo determinada con cilindros



Barras con letras distintas difieren significativamente al 5%.

Figura 3. Efectos del estiércol sobre la permeabilidad.

infiltrómetros es el reflejo del estrato de suelo de más baja permeabilidad entre 80 y 100 cm de profundidad (10), por lo que difícilmente el valor de la infiltración básica puede ser modificado por el abonamiento orgánico de los primeros horizontes del perfil de suelo.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Herrick y Lal (6) quienes reportaron incrementos de 70 % en la infiltración básica lograda mediante la aplicación superficial de estiércol bovino, explicable por el aumento de la macroporosidad. Así mismo, son contrarios a lo señalado por Zuzel y colaboradores (18) quienes afirman que el aumento en el carbono orgánico y en el desarrollo radical, favorecen la infiltración del agua. Para las condiciones de este ensayo la infiltración no se vio afectada, debido a la presencia de capas compactas por debajo de la

profundidad e mendada, las cuales por tener menor proporción de macroporos constituyen un freno a la entrada y movimiento del agua según lo señalado por Pikull y Allmaras (9).

La figura 4 ilustra las diferencias observadas en tre niveles de estiércol y períodos de observación. Como se ve, todos los niveles de abonamiento orgánico presentaron un valor superior de infiltración básica en el segundo muestreo, explicable por la aparición de grietas durante la estación seca, mientras que los valores de los períodos 1 y 2 para todos los niveles de estiércol permanecieron prácticamente constantes.

Los tratamientos E_0 no presentaron diferencias significativas entre épocas con valores de 1,41 cm h⁻¹, 2,29 cm h⁻¹ y 1,18 cm h⁻¹ para cada muestreo respectivamente. Los E_1

presentaron diferencias significativas entre P_1 y P_3 con valores promedios de $0,76 \text{ cm h}^{-1}$, $2,74 \text{ cm h}^{-1}$ y $1,97 \text{ cm h}^{-1}$ para cada período. El valor promedio de infiltración básica de los tratamientos E_2 fue significativamente mayor en P_2 con un valor de $4,40 \text{ cm h}^{-1}$, mientras que en P_1 fue de $0,97 \text{ cm h}^{-1}$ y en P_3 $0,98 \text{ cm h}^{-1}$.

Estas variaciones entre períodos son explicables por cambios en las condiciones del subsuelo, los cuales según Zuzel y colaboradores (18)

controlan la infiltración del agua. El cambio en las condiciones de este ensayo estuvo representado por la aparición de las grietas. El incremento de la infiltración básica en P_2 para los tratamientos E_1 y E_2 significa un movimiento más rápido del agua a través de la capa enmendada hasta alcanzar las grietas, mientras que los tratamientos E_0 presentan para esta época menor valor que los otros niveles indicando una menor tasa de infiltración en la capa superficial.

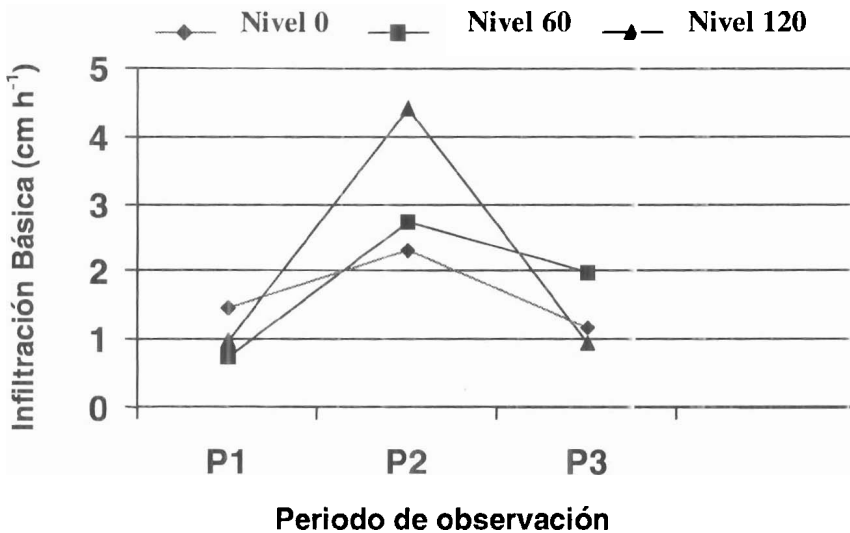


Figura 4. Diferencias observadas por niveles de abonamiento orgánico y períodos de observación para la variable infiltración básica.

Conclusiones y recomendaciones

Los cambios en las condiciones físicas de los calveros asociados con la aplicación de estiércol fueron en general favorables y permiten inferir un mejor ambiente edáfico para el desarrollo de la vegetación. Estos efectos son preliminares y requieren que se

les evalúe más allá de la duración de este ensayo, para determinar su persistencia en el tiempo.

Los efectos físicos más notorios fueron disminución de la densidad aparente y aumento de la proporción de macroporos y aumento de la

permeabilidad, los cuales representan un mejoramiento significativo de las posibilidades de desarrollo radical en

la capa enmendada, así como para la entrada y movimiento del agua en el suelo.

Literatura citada

1. ASAE, Cultural practice equipment committee. 1993. Soil cone penetrometer. ASAE standards engineering practices data ASAE S313.2. ASAE 40 edition. USA. P 657.
2. Delgado, F. 1991. Impacto de la erosión en la productividad del suelo. En López R y M.L. Páez (eds). Metodología de evaluación e investigación de la erosión del suelo y su impacto en la producción y en el ambiente. CIDIAT, Mérida, Venezuela. pp 137-153.
3. COPLANARH. 1974. Inventario nacional de tierras, región Lago de Maracaibo. Publicación 34. Caracas.
4. Ewel, J. y Madriz, A. 1976. Zonas de Vida de Venezuela, Memoria Explicativa sobre el Mapa Ecológico. MAC. Caracas.
5. Forsythe, W. 1975. Física de suelos. Manual de laboratorio. Instituto Interamericano de Ciencias agrícolas. Turrialba. Costa Rica. 212 pp.
6. Herrick, J. E. and R. Lal. 1995. Soil physical property changes during dung decomposition in a tropical pasture. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59:908-912.
7. Mazurak, A. P.; L. Chesnin And A.A. Thijel. 1977. Effects of beef cattle manure on water stability of soil aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41: 613-615.
8. McCarty, M. K And P. Mazurak. 1976. Soil compaction in eastern Nebraska after 25 year of cattle grazing management and weed control. *J. Of Range Management* 29:384-386.
9. Pikull, J. L. and R. R. Allmaras. 1986. Physical and chemical properties of a haploxeroll after fifty years of residue management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:214-219.
10. 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 32:45-91.
11. Rhoton, F. And D.Tyler. 1990. Erosion induced changes in the properties of a fragipan soil. *Soil Sci. Soc. Am J.* 54.
12. SAS Institute Inc. 1982. S.A.S. Statistics. Universidad Carolina del Norte. P 575.
13. Sen K.K., P. S.S. Bhadori and B.Datta. 1995. Influence of soil conditioners on soil physical properties and maize growth *Tróp. Agric. (Trinidad)* 1:23-27.
14. Soil Survey Staff. 1994. Keys to the Soil Taxonomy. USDA. SCS. Pocahontas press. Washington. USA. 551 pp.
15. Stoddart, L. A.; A.D. Smith And T.W. Box. 1975. Range management. Mc. Graw-Hill Book Co, New York.
16. Tester, C. F. 1990. Organic amendments effects on physical and chemical properties of a sandy Soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 827-831.
17. Thompson, P. J., I. J. Jansen, And C. L., Hooks. 1987. Penetrometer resistance and bulk density as parameters for predicting root system performance in nine soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51: 1288-1293.
18. Zuzel J. F., J. L. Pikul, and F. E. Rasmussen. 1990. Tillage and fertilizer effects on water infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 205-208.