

Efectos del estiércol bovino sobre algunas propiedades químicas de un Ultisol degradado en el área de la Machiques Colón, estado Zulia.

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

¹Universidad de Zulia. Facultad de Agronomía. Venezuela.

Resumen

Con el propósito de evaluar los efectos de tres niveles de enmienda orgánica (0-60 y 120 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino) sobre algunas propiedades químicas de un Ultisol degradado, se realizó un ensayo en el área de la Machiques Colón (Bosque seco tropical), empleando 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 químicos: carbono orgánico (CO), fósforo disponible (P), reacción del suelo (pH), conductividad eléctrica (CE) y saturación con aluminio (SAL). Según los resultados el CO mostró diferencias estadísticas entre muestreos y fue siempre mayor en los tratamientos enmendados. El contenido de P fue significativamente mayor en los lotes estercolados y no mostró variaciones entre épocas de muestreo. La CE y el pH se incrementaron significativamente en los tratamientos estercolados. La SAL varió significativamente entre muestreos y se redujo con el nivel de abonamiento orgánico.

Palabras clave: abonos orgánicos, propiedades químicas, degradación de suelos.

Introducción

La erosión acelerada ocasiona el empobrecimiento químico del suelo por la pérdida de materia orgánica, arcilla y nutrimentos (7, 5). Adicionalmente, la pérdida del suelo superficial conlleva al afloramiento de capas con condiciones químicas indeseables como toxicidad y pobreza química extrema (20). Estos efectos causan la disminución de la productividad del

suelo y en ocasiones, la pérdida total de la capacidad productiva (14).

En el área de la Machiques Colón la erosión acelerada ha provocado el afloramiento del horizonte argílico, el cual por su bajo porcentaje de materia orgánica, alto porcentaje de arcilla y toxicidad por aluminio constituye una limitación para el desarrollo de la vegetación, lo cual se evidencia por la

presencia de calveros o peladuras en los que no existe cobertura vegetal.

La aplicación de estiércol bovino como enmienda orgánica es una alternativa para la recuperación de estas áreas. En la literatura técnica son frecuentes los reportes en los cuales se destacan los efectos positivos de esta enmienda sobre características químicas del suelo tales como: aumentos en el contenido de carbono

orgánico (25), nitrógeno total (10), fósforo disponible (21,6), pH (21, 23) y disminución de la saturación con aluminio (18).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar algunos cambios en algunas propiedades químicas de los suelos en las áreas degradadas en respuesta a la aplicación de estiércol bovino, como una vía para mejorar 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, 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, el área corresponde al bosque seco tropical según las condiciones de precipitación evaporación y temperatura (12).

Geología, geomorfología y suelos:

Según COPLANARH (8) 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 franca a franco arcillosas y subsuperficiales de franco arcillosas a arcillosas. Según el soil Taxonomy (26) pertenecen al subgrupo Typic Paleudult francoso fino. Desde el punto de vista geomorfológico éstas 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 suelo es ácido, con baja conductividad eléctrica, carbono orgánico medio en las vertientes bajas y bajo en las altas, fósforo disponible bajo, medios en bases cambiables (suma) y medios en aluminio intercambiable (17).

Tratamientos:

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 empleado fue curado en un estercolero por cinco meses y la composición química en cuanto a concentración de macro y micronutrientes, determinada según la metodología sugerida por la AOAC (3), era similar a las reportadas por Overcash y colaboradores (1983), citados por Eghball y Power (10) y a los valores promedios reportados por la FAO (13). Los resultados del análisis se presentan en la cuadro 1.

La aplicación se hizo en forma sólida, ajustando la dosis correspondiente a 20 m² volumetricamente para facilitar la labor. El cálculo fue realizado tomando en cuenta la densidad en peso fresco del estiércol, cuyo valor fue de 0,83 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 para un total de treinta y seis parcelas, dieciocho por cada rango de pendiente distribuidos aleatoriamente en lotes de tres parcelas, para formar así 6 bloques por cada nivel de pendiente.

Variables respuesta y métodos de medición:

Los períodos de evaluación preestablecidos fueron 4, 8 y 12 meses posteriores a la instalación del ensayo, designados como P₁, P₂ y P₃ 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 química se realizó previo a la aplicación de los tratamientos, y después en los períodos

Cuadro 1. Características del estiércol empleado como enmienda.

MS (%)	69,37
Cenizas en base seca (%)	47,88
Cenizas en base fresca (%)	33,21
Nitrógeno (%)	2,80
Fósforo (%)	0,98
Potasio (%)	1,55
Calcio (%)	1,45
Magnesio (%)	1,59
Sodio (%)	3,97
Zinc (mg kg ⁻¹)	17,85
Cobre (mg kg ⁻¹)	320,00
Manganeso (mg kg ⁻¹)	550,00
Hierro (mg kg ⁻¹)	330,00

Fuente: determinaciones de laboratorio sobre tres muestras compuestas.

establecidos, tomando dos muestras compuestas de cada parcela de los 10 cm superficiales del suelo, que corresponde con la profundidad a la que fue incorporado el estiércol. Las variables consideradas fueron las siguientes:

Carbono orgánico por combustión húmeda g kg^{-1} suelo (2)

Fósforo disponible por Bray, mg kg^{-1} suelo (17).

pH por el método potenciométrico en relación 1:2 (22)

Conductividad eléctrica por conductímetro, dS m^{-1} en relación 1:2(4)

Saturación con aluminio (17).

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 niveles 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 (24). 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 $\text{Ar} \sin \sqrt{x}$ para mejorar el ajuste. Para las variables expresadas en escala ordinal se empleó la transformación $\sqrt{x + 0,5}$.

Resultados y discusión

Carbono orgánico:

Los resultados del análisis de variancia practicado a los datos demostraron que el carbono orgánico presentó diferencias altamente significativas entre niveles de abonamiento orgánico y períodos de observación tal como se muestra en la figura 1, en la que se aprecia que en todas las épocas los lotes que recibieron E_2 presentaron los promedios más altos de carbono orgánico con una tendencia continua al incremento en todas las épocas pasando de $22,04 \text{ g kg}^{-1}$ en P_1 a $22,58 \text{ g kg}^{-1}$ en P_2 (significativo), para luego incrementarse en P_3 a un valor de $26,07 \text{ g kg}^{-1}$ (significativo).

El nivel de abonamiento E_1 presentó valores medios de carbono orgánico significativamente menores a

los observados para E_2 en todas las épocas y con una tendencia a disminuir de $17,305 \text{ g kg}^{-1}$ en P_1 a $15,585 \text{ g kg}^{-1}$ en P_2 , para luego subir a $18,108 \text{ g kg}^{-1}$ en P_3 aunque estas variaciones no fueron significativas.

Las parcelas que no recibieron estiércol presentaron promedios de carbono orgánico significativamente menores que los observados para los niveles E_1 y E_2 en todos los períodos de observación y con una tendencia igual a la observada para E_1 descendiendo de $13,00 \text{ g kg}^{-1}$ en la primera época a $10,45 \text{ g kg}^{-1}$ en la segunda y subiendo a $11,86 \text{ g kg}^{-1}$ en la tercera, variaciones que no fueron significativas.

En las parcelas que no recibieron estiércol el valor medio de carbono orgánico disminuyó también en la

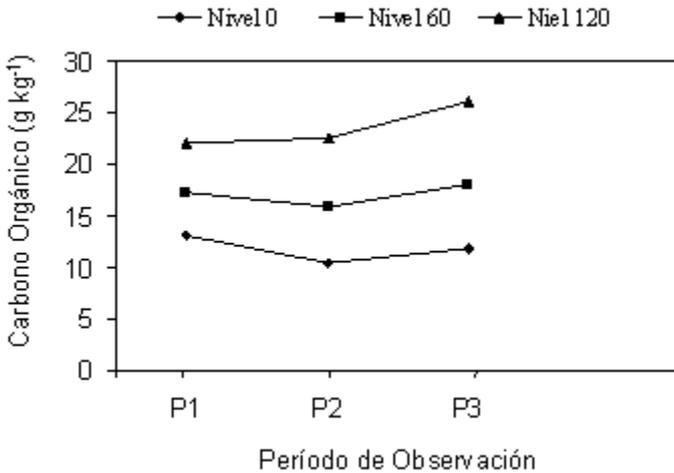


Figura 1. Efectos de la aplicación del estiércol bovino sobre los niveles de carbono orgánico en los tres períodos.

época seca y subió para el tercer muestreo con la llegada de las lluvias pero a un nivel inferior al observado en el primer muestreo, lo que viene a significar un empobrecimiento del suelo en carbono orgánico.

El incremento en carbono orgánico en los lotes enmendados, coincide con lo señalado por Eghball y Power (10), por Sing *et al.* (25) y Tester (28) quienes concluyen que la aplicación de enmiendas orgánicas como estiércol o compost lleva a incrementos en el carbono orgánico del suelo que varían entre 22 y 50% en comparación con los niveles originales.

Fósforo disponible:

Entre niveles de abonamiento orgánico, se encontraron diferencias altamente significativas en los niveles de fósforo, las cuales pueden apreciarse en la figura 2. El valor medio de fósforo disponible se elevó significativamente de un nivel bajo ($3,4 \text{ mg kg}^{-1}$) en los lotes que no recibieron estiércol, a un nivel

alto en los que recibieron E_1 y E_2 (17 cuyos promedios fueron $16,54 \text{ mg kg}^{-1}$ y $38,10 \text{ mg kg}^{-1}$ respectivamente.

El promedio de fósforo disponible en lotes enmendados con E_1 fue 4,76 veces superior al observado en los tratamientos E_0 , en tanto que el observado para lotes tratados con E_2 fue 10,98 veces mayor que el alcanzado por los tratamientos que no recibieron estiércol y 2,3 veces superior al promedio alcanzado por los lotes enmendados con el nivel E_1 .

El incremento en la disponibilidad del fósforo coincide con lo señalado por Vitosh y colaboradores (29), Omaliko (21) y Sing *et al.* (25) quienes han reportado incrementos en la disponibilidad de fósforo mediante la aplicación de estiércol que varían entre 1,7 y 2,7 veces los valores en lotes no enmendados.

Los altos niveles de fósforo alcanzado por los lotes enmendados sugieren la ocurrencia de procesos de

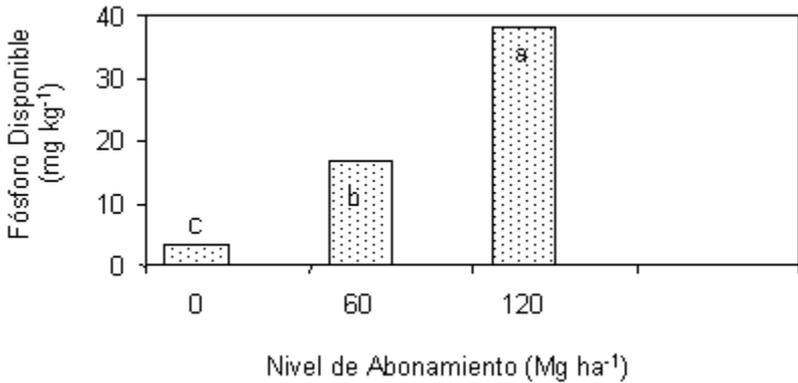


Figura 2. Separación de medias por niveles de abonamiento orgánico para la variable fósforo disponible.

solubilización, lo cual coincide con lo señalado por Afif (1) quien concluye que la materia orgánica ayuda a mejorar la disponibilidad de fósforo porque los radicales húmicos compiten por los sitios de adsorción del fósforo. Este efecto también ha sido reportado por Crespo y Arteaga (9) quienes indican que la aplicación de estiércol aumentó la solubilidad del fósforo en suelo ferralítico rojo.

Entre épocas de muestreo no se detectaron diferencias en la disponibilidad del fósforo, lo que indica que una vez aplicado el estiércol, el fósforo se liberó en forma gradual y mantuvo una disponibilidad sostenida durante un año de observaciones. Esto coincide con lo señalado por Ghoshal *et al.* (15) en cuanto a que el estiércol tiene un efecto residual superior al de los fertilizantes minerales. Adicionalmente, Castellanos (6) señala que el estiércol bovino es tan efectivo en el suministro de fósforo como el superfosfato triple a corto y mediano plazos.

Reacción del suelo (pH) y conductividad eléctrica:

Reacción del suelo (pH): al analizar las respuestas de esta variable a los tratamientos, se observó que los valores de pH fueron en todos los casos superiores en las parcelas enmendadas en comparación con los observados en los lotes no enmendados en todos los períodos de observación y con una tendencia a disminuir en el tiempo.

El análisis de variancia practicado a los datos demostró que esta variable presentó diferencias significativas entre niveles de estiércol, lo cual se muestra en la figura 3. El pH se elevó significativamente de un promedio 5,78 (ligeramente ácido) en lotes no estercolados a 6,14 en los E₁ y 6,38 (neutro) en aquellos tratamientos que recibieron E₂.

Este incremento en el pH coincide con lo reportado por Omaliko en ecosistema de pastos tropicales (21), Lungo y colaboradores (18) y Tester (27), quienes han señalado que la aplicación de estiércol y compost eleva

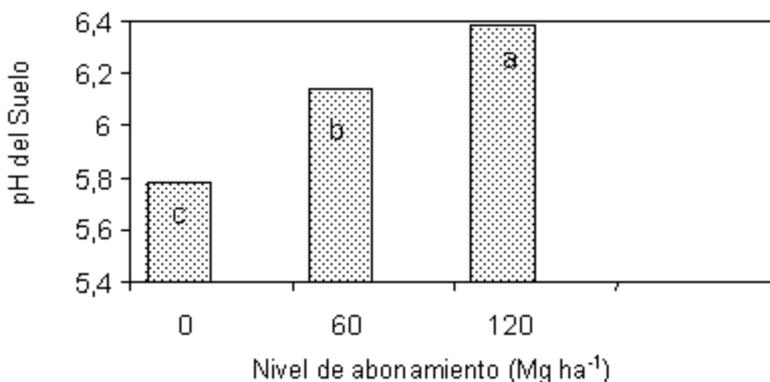


Figura 3. Efectos del estiércol de bovino sobre el pH.

el pH de los suelos por los niveles de bases cambiables que estos presentan, principalmente calcio y magnesio. Igualmente coincide con los resultados reportados por Olivier y Bornemisza (19), quienes concluyen que la aplicación de residuos orgánicos eleva el pH de los suelos. Pikull y Allmaras (23) señalan que el aumento del pH se explica por el incremento en el contenido de carbono orgánico, que actúa como un regulador inactivando hidrógeno.

Conductividad eléctrica: los valores medios de conductividad eléctrica mostraron clara tendencia a ser más altos en los tratamientos que recibieron estiércol y a incrementarse de P_1 a P_2 , para finalmente disminuir de P_2 a P_3 .

El análisis de variancia para esta variable demostró que la misma varió significativamente entre niveles de abonamiento orgánico, tal como puede apreciarse en la figura 4. La conductividad eléctrica se elevó significativamente de $0,18 \text{ dS m}^{-1}$ en lotes no enmendados a $0,25 \text{ dS m}^{-1}$ en

los tratados con E_1 y $0,27 \text{ dS m}^{-1}$ en los que recibieron E_2 . Estos valores son bajos en todos los casos y aunque no indican problemas por sales para ningún cultivo, demuestran la tendencia a acumular sales cuando se aplica estiércol bovino lo cual pudiera llegar eventualmente a convertirse en un problema, tal como lo indican Eghbal y Power (10).

Saturación con aluminio:

El análisis de variancia practicado a los datos, demostró que esta variable fue afectada significativamente entre períodos de muestreo y niveles de abonamiento orgánico. Como se ilustra en la figura 5, los promedios más altos correspondieron a los tratamientos que no recibieron estiércol en todas las observaciones; con valores de 6,19 %, 3,54 % y 14,11 % los cuales mostraron diferencias entre sí y fueron significativamente mayores que los observados en otros niveles de abonamiento orgánico.

En los tratamientos E_1 los promedios de saturación con aluminio fueron significativamente menores que

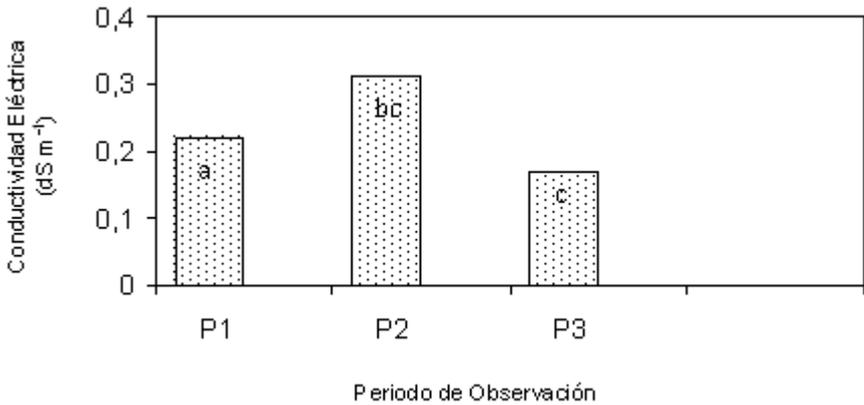


Figura 4. Efectos del estiércol de bovino sobre la conductividad eléctrica.

los del nivel E_0 con valores de 1,41 %, 0,76 % y 5,87 % los cuales difirieron significativamente entre sí y con respecto al nivel E_2 .

Los tratamientos E_2 presentaron los valores más bajos de saturación con aluminio, y fueron significativamente menores que los observados para los otros niveles de abonamiento orgánico,

con valores de 0,53%, 0,26% y 1,11 % los cuales difirieron entre si.

La reducción en los niveles de saturación con aluminio es explicable por el efecto quelatante de la materia orgánica que forma complejo con el aluminio restándolo de la solución del suelo, tal como lo indican Evans y Kamprath (11), Thomas (28) y Hue y

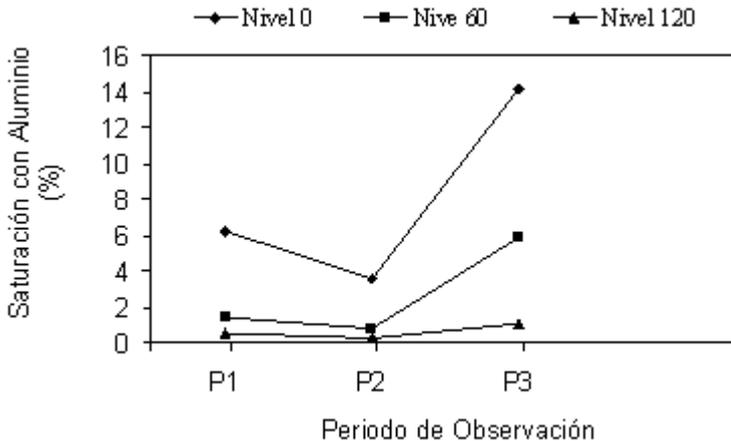


Figura 5. Efectos del estiércol de bovino sobre el porcentaje de saturación con aluminio en los tres periodos.

Amien (16). Lungu *et al.* (18) obtuvieron resultados similares y señalan que el estiércol fue cincuenta

por ciento más eficiente que la caliza agrícola en la neutralización del aluminio en condiciones tropicales.

Conclusiones y recomendaciones

Los cambios en las características químicas del suelo bajo estudio asociado a la aplicación de estiércol, fueron en general favorables y demuestran la posibilidad de corregir las limitaciones químicas para el desarrollo de la vegetación y de mejorar su productividad. Los efectos químicos observados, son preliminares y requieren ser evaluados en otros períodos de tiempo, para determinar su persistencia.

Los cambios favorables más importantes fueron el aumento del pH, del contenido de carbono orgánico y

fósforo disponible y reducción del porcentaje de saturación con aluminio. Estos cambios positivos permiten inferir un ambiente edáfico más favorable al crecimiento de la vegetación, sobre todo al mejorar la disponibilidad de fósforo y disminuir los niveles de aluminio.

El aumento en la conductividad eléctrica fue un cambio desfavorable, aun cuando no llegó a niveles críticos, sin embargo el incremento constituye un alerta y crea la necesidad de observar su comportamiento en el tiempo.

Agradecimiento

Proyecto 2245.96 financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y

Humanístico (CONDES) de la Universidad del Zulia.

Literatura citada

1. Afif, E., V. Barón and J. Torrent. 1995. Organic matter delays but does not prevent phosphate sorption By Cerrado Soils From Brazil. *Soil Science* 3: 207-211.
2. Allison, L.G. 1965. Organic Carbon. p. 1367-178 In: 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.
3. American Official of Applied Chemistry. 1965. *Methods of Analysis*. Tenth Edition
4. Bower C. y L. Wilcox. 1965. Soluble salts. p. 914-926 In: 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.
5. Casanova, E., M.L. Páez y O.S. Rodríguez. 1989. Pérdida de nutrimentos por erosión bajo diferentes manejos en dos suelos agrícolas. *Revista Fac. Agronomía U.C.V. Alcance* N° 37. Venezuela.
6. Castellano, J. 1986. Evaluación del estiércol de bovino y gallinaza como fuente de fósforo en el cultivo de alfalfa. *Agric. Tecn. México* 12:247-258.
7. Cihacek, L. y J.B. Swan. 1994. Effects of erosion on soil chemical properties in north central region of the United States. *J. Soil and Water Cons* 49:259- 265.

8. COPLANARH. 1974. Inventario nacional de tierras, región Lago de Maracaibo. Publicación 34. Caracas.
9. Crespo, G. y O. Arteaga. 1984. Utilización de estiércol vacuno para la producción de forrajes. Edit. Direc. Informa. Tec. Habana Cuba. pp 25-35.
10. Eghball, B. y J. Power. 1994. Beef cattle feedlot manure management. *J. soil and water cons.* 49:113-122.
11. Evans, C.E y E.J. Kamprath. 1970. Lime response as related to percent. Al saturation, solution Al and organic matter content. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34:893-896.
12. Ewel, J. y A. Madriz. 1976. Zonas de Vida de Venezuela, Memoria Explicativa sobre el Mapa Ecológico. MAC. Caracas.
13. FAO. 1984. Fertilizer and plant nutrition guide. FAO. Bulletin 9. Food and Agriculture organization of the United Nation. Rome. P 176.
14. García, M. I y A. Cáceres. 1996. Soil Chemistry changes in a forest grassland vegetation gradient within a fire and grazing protected savanna from the Orinoco Llanos. *Acta Oecol* 11: 1877-1886.
15. Ghoshal, N. y K. P. Singh. 1995. Effect of farmyard manure and chemical fertilizer on total net production, yield and root necromass in a dryland rice-lentil agroecosystem. *Trop. Agric.* 72: 225-230.
16. Hue, N.V y I. Amien. (1989) Aluminium detoxification with green manures, commun. *Soil Sci. Plant. Anal* 20: 1499-1511.
17. International Soil Reference Information Center, 1993. Procedure for soil analysis. L.P. van Reewijk (De). Technical paper. Wageningen. Holland.
18. Lungu, O.I, Temba, B.Chirway y 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.
19. Olivier, R. C. y E. Bornemisza. 1990. Efecto de residuos orgánicos y abonamiento mineral sobre las propiedades químicas de un Typic Humitropept en Turrialba Costa Rica. *Agronomía costarricense.* 14: 237-240.
20. Olson, T.C. 1977. Restoring the productivity of a glacial till. *J. Soil and water cons.* 45:562-566.
21. Omaliko, C.P. 1984. Dung decomposition and its effects on the soil component of a tropical grassland ecosystem. *Trop. Ecol.* 25:214-220.
22. Peech, N. 1965. Hydrogen ion activity. In: 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. pp 914-926.
23. Pikull, J.L. y 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.
24. SAS Institute Inc. 1982. S.A.S. Statistics. Universidad Carolina del Norte. P 575.
25. Singh, Y., B. Singh, M.S. Maskina y 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. Soil Survey Staff. 1994. Keys to the Soil Taxonomy. USDA. SCS. Pocahontas press. Washington. USA. 551pp.
27. Tester, C.F. 1990. Organic amendments effects on physical and chemical properties of a sandy Soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 827-831.
28. Thomas, G.W. 1975. The relationship between organic matter content and exchangeable aluminium in acid soil. *Soil Sci. Soc. Am J.* 39: 591.
29. Vitosh, M.L, J. F. Davis y B.D. Knezek. 1973. Long term. Effects of manure, fertilizer and plow depth on chemical properties of soil and nutrient movement in a monoculture corn system *J. Environ-Qual* 2: 269-299.