

EFFECTO DEL ESTIÉRCOL DE VACUNO EN LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL Y LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE UN SUELO BAJO MANEJO AGRÍCOLA

EFFECT OF CATTLE MANURE ON THE STRUCTURAL STABILITY AND THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOILS UNDER AGRICULTURAL MANAGEMENT.

Carmen Leonor Hernández,¹ Jesús Ramos,² María del Pino Rodríguez² e Iván Danilo López-Hernández³

¹Postgrado en Ecología. Facultad de Ciencias UCV.²Laboratorio de Microbiología Ambiental IZT, UCV

³Laboratorio de Estudios Ambientales IZT, UCV POB 47058 Caracas 1041-A Venezuela.

E-mail: clhernan@ciens.ucv.ve

RESUMEN

Dentro de las prácticas de manejo agrícola, que han generado buenos resultados, se encuentra el uso de abonos orgánicos, entre ellos los estiércoles, que aportan materia orgánica la cual favorece la agregación y la estabilidad estructural del suelo. En este sentido, el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación del estiércol de vacuno sobre la estabilidad estructural y la actividad biológica del suelo. El ensayo se realizó empleando parcelas de 25x25 m², en un suelo Mollisol, clasificado como Haplustolls del estado Falcón - Venezuela, bajo tres tipos de sistemas: sin tratamiento (ST); tres años de haber sido abonado, por vez única, con estiércol de vacuno (B = 5 Mg ha⁻¹) y otro igual a B pero reabonado al inicio del tratamiento con estiércol de vacuno (RB = 5 Mg ha⁻¹). Cada sistema fue sembrado con el pasto *Cynodon dactylon*, el cual sirvió de guía para establecer los periodos de seguimiento: al inicio del tratamiento (I, 0 días), durante el crecimiento medio (CM, 44 días) y máximo (PM, 98 días) del pasto y luego en la postcosecha del pasto (PC, 144 días). Para el estudio, en cada período y en cada parcela, se tomaron tres muestras de suelo (0-10 cm de profundidad) y se determinó la distribución de agregados estables al agua (AE), la estimación de biomasa microbiana (C-BM y N-BM) y la densidad de hongos y bacterias. Encontrándose que el uso del estiércol de vacuno contribuye a mejorar y a mantener la estructura de los suelos, favoreciendo el mantenimiento de los microagregados (<0,15 mm) y la formación de agregados intermedios (0,25 - 0,50 mm), además de proveer al suelo de mejores condiciones que favorecen la actividad de la biomasa microbiana y mantener las poblaciones de hongos y bacterias. Así mismo, se puede señalar que el buen uso de las enmiendas orgánicas y un mínimo de perturbación del suelo en el momento de su aplicación permitirán a futuro, disminuir riesgos de pérdidas de la capa fértil en los agroecosistemas.

ABSTRACT

Use of organic additives is an agricultural management practice that has generated excellent results due to the incorporation of organic matter that favors aggregation and structural stability of the soil. We evaluate the effect of application of cattle manure on the structural stability and the biological activity of soils. Three treatments in 25x25 m² parcels of a Mollisol soil, classified as Haplustolls in Falcón state, Venezuela were used: without treatment (ST); fertilized three years ago with cattle manure (B = 5 Mg ha⁻¹) and same as B but treated again with cattle manure (RB = 5 Mg ha⁻¹). Each parcel was seeded with the grass *Cynodon dactylon*, which served as a guide to establish sampling periods: at the beginning of the treatment (I, 0 days); during mean grass growth (MC, 44 days); and maximum (MP, 98 days) grass growth; and at grass postharvest (PC, 144 days). At each period three samples were taken from each plot (0-10 cm of depth). In each the distribution of water stable aggregates (EA), microbial biomass (BM-C and BM-N) and fungi and bacteria density were determined. Results show that the application of cattle manure promotes the maintenance of the proportion of microaggregates (<0.15 mm) and the formation of intermediate aggregates (0.25 - 0.50 mm) favoring in this way the stability of soils, as well providing improved conditions in the soil that favor the activity of the microbial biomass and maintains the populations of fungi and bacteria. Good use of organic additives and the least possible disturbance of the soil at the time of their application will reduce risks of losses of the fertile layer of agro ecosystems.

Palabras clave: Agregados estables, enmiendas orgánicas, manejo agrícola, actividad biológica, estiércol.
Keywords: Stable aggregates, organic additives, agricultural management, biological activity, manure

INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna entre otras actividades ligadas al desarrollo ha provocado a nivel mundial una fuerte erosión del suelo como consecuencia de la

deforestación, introducción de monocultivos, cultivos en laderas, labranzas inadecuadas, entre otras, y dependiendo de la geografía de la zona afectada, la erosión ha desencadenado grandes inundaciones y pérdida de fertilidad e incluso abandono del cultivo

(Schtning y col., 1994; Paccini y col., 2002). Se calcula que cada año se pierden 1500 millones de toneladas de capa superficial del suelo sólo en EEUU, Ex Unión Soviética, China y La India, que representan la mitad de la superficie mundial de cultivos (Ponting, 1992; Hati y col. 2006).

Ante lo expuesto, se hace necesario el rescate de las prácticas conservacionistas bajo una moderada aplicación de avances tecnológicos junto con el conocimiento de los procesos dinámicos que ocurren en el suelo. En este sentido se ha señalado que el uso de los residuos orgánicos es una alternativa ante la degradación violenta de los suelos que han perdido parte de sus horizontes orgánicos, planteándose la necesidad de evaluar el efecto de la aplicación de estos residuos sobre las propiedades del suelo, tales como la estructura, contenido de humedad y actividad biológica.

En lo que concierne a la estructura del suelo, se tiene que una estructura desfavorable puede acarrear problemas en el desarrollo de las plantas, tales como: exceso o deficiencia de agua, falta de aire, incidencia de enfermedades, baja actividad microbiana, impedimento del desarrollo de las raíces. Por el contrario, una estructura favorable permitirá que factores de crecimiento actúen eficientemente y se obtengan, en consecuencia, los mayores rendimientos de las cosechas (Montenegro y Malagón, 1990; Carr y col., 2003). En este sentido, la estabilidad estructural es esencial para la fertilidad de un suelo, la cual depende del tamaño de los agregados estables al agua.

La literatura señala que suelos altamente estructurados, resistentes a la erosión, son aquellos con un alto porcentaje de agregados de 0,25 a 5 mm, y que la agregación está estrechamente relacionada con dos fenómenos importantes: la floculación y la cementación (Oades, 1984; Rivero y Paolini, 1994). La floculación se debe a fenómenos electrocinéticos, normalmente se define como el proceso de reunir partículas desestabilizadas para formar aglomeraciones "flóculos" de mayor peso y tamaño. La cementación, por otra parte, consiste en el enlace mutuo de las partículas floculadas, formándose terrones estables y resistentes a la acción del agua por acción de diferentes materiales o sustancias adherentes, denominadas "cementantes" o "cola bacteriana", las cuales se forman por la actividad de los organismos del terreno (bacterias, hongos, lombrices, etc.), materiales orgánicos, cantidad de arena, arcillas, limo, coloides inorgánicos (Al, Fe), carbonatos, óxidos, entre otros (Tisdall y Oades, 1982; Montenegro y Malagón, 1991; Mikha y col., 2004).

En relación a la actividad biológica y estados de agregación, los trabajos de Tisdall y Oades (1982) y Oades (1984, 1993) describieron el importante papel de la actividad biológica en la agregación de los suelos bajo pastura, señalando que las raíces de las plantas, la asociación con las hifas y el efecto de malla ejercido por las raíces son determinantes en la formación de agregados estables. Así mismo, señalaron que las raíces generan un efecto físico tipo red dentro de las partículas del suelo después de muertas y también poseen un efecto indirecto en el tamaño de los agregados, por la cantidad de materia orgánica (MO) que suministran al suelo. No sólo la cantidad y la calidad de la materia orgánica del suelo afecta significativamente la estructura del suelo y su estabilidad, sino también su distribución dentro de la matriz es un factor importante de estabilidad estructural. Por ejemplo, la concentración de los contenidos de MO en los microagregados (< 0,25 mm) es lo que los hace resistentes al debilitamiento estructural y dispersión (Tisdall y Oades, 1982; Puget y col., 2000; Mikha y col., 2004).

La aplicación de abonos de origen animal en tierras agrícolas ha sido vista como una excelente vía para reciclar los nutrientes, incrementar la MO, la capacidad de intercambio catiónico, la actividad biológica de un suelo y mejorar algunas de las propiedades físicas como la capacidad de retención de agua, la porosidad, la capacidad de infiltración de agua y la conductividad hidráulica, lo cual mejora la calidad del suelo en comparación con el uso de fertilizantes químicos y suelos no tratados (Gang y col., 1998; Haynes y Naidu, 1998; Peacock y col., 2001). Sin embargo, Haynes y Naidu (1998) señalan que hay que tener precaución cuando se aplican grandes cantidades de estos abonos, ya que pueden tender a acumular K^+ , Na^+ y NH_4^+ que creen dispersión en el suelo y producir sustancias impermeables al agua por la descomposición de los hongos.

Por otra parte, Whalen y Chang (2002) encontraron que la aplicación de estiércol de ganado sobre suelos áridos (dosis $>30 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$), inducen un aumento del carbono, nitrógeno y fósforo total en toda las fracciones de agregados de 0,47 - 2,0 mm que en los suelos no enmendados y señalaron que la estabilidad de los agregados estables al agua resultaron ser más altos en suelos bajo riego que en suelos áridos. En Venezuela se producen cantidades apreciables de estiércoles o excretas de animales, que son empleados en explotaciones agrícolas de gran valor comercial como hortalizas y flores. No obstante, Pérez (1981) acota que en el país, pese a que los residuos de animales se utilizan en muchas zonas y cultivos, su estudio ha sido muy

restringido, por lo que es conveniente la búsqueda de información referente a la influencia que los estiércoles tienen sobre la producción de cultivos y las propiedades del suelo.

Este planteamiento coincide con los de Pla (1978), cuando señala que la búsqueda y selección de alternativas agrícolas reviste particular importancia en Venezuela, y en muchas de las regiones tropicales del mundo, donde el cambio de los patrones tradicionales protectores del suelo (pero generalmente poco productivos) por patrones de uso desarrollado para climas y suelos de regiones templadas, ha conducido a una degradación acelerada del recurso suelo, con pérdida a corto plazo, y a veces irreversible de su capacidad productiva. En este sentido y dada la importancia que tiene el uso de los abonos orgánicos, como alternativa de mejorar la calidad de los agroecosistemas, nos llevo a la búsqueda de fincas, que en su práctica utilizaran abono animal como fuente orgánica. En este marco se encontró una finca ganadera, en el estado Falcón, que utiliza el estiércol de ganado como enmienda para la producción de pastos. Esto condujo a la ejecución de experimentos que permitieran estudiar el efecto del estiércol sobre la estructura del suelo y su actividad biológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la finca "Las Morochas", sector Las Lapas del Municipio Silva, Estado Falcón, Venezuela, ubicado a 10°47'08" de latitud norte y 68°22'54" de latitud oeste. La región en estudio presenta tres períodos climáticas: uno súper húmedo que se presenta entre octubre y diciembre, otro húmedo desde mediados de marzo hasta septiembre y uno seco comprendido entre enero y marzo. La precipitación promedio anual es de 1050,3 mm y la temperatura promedio es de 27,9°C.

La vegetación nativa de la localidad estaba constituida por bosques tropicales siempreverdes de porte medio (15-25 m) y cobertura media, entre las especies características se mencionan: *Eugenia sp.*, *Zanthoxylum sp.*, *Machaerium robiniaefolium*, *Capparis coccolobifolia*, *C. tenuisiliqua*, *Guarapira sp.*, *Marsonia americana*, *Talisia olivaeformis* y la especie endémica *Apoplanesia cryantha* (MARN, 1982). En la actualidad se encuentra muy intervenida por el establecimiento de pastizales para la cría de bovino.

La finca "Las Morochas" es una unidad de producción con más de 20 años de establecida, dedicada a la cría de bovino de doble propósito (leche y derivados) alimentados con diversos pastizales

introducidos: pasto bermuda, (*Cynodon dactylon*), pasto estrella (*Cynodon plestostachyum*) y el Tifton, que representa un híbrido de los dos anteriores. Lo que diferencia esta unidad de producción de las del resto de la localidad, es el uso de abonos orgánicos desde el año 1997, como fertilizante de las pasturas cultivadas, lo cual ha mejorado la producción de biomasa total (comunicación personal propietario de la finca 2003).

El ensayo se realizó entre septiembre 2001 y agosto 2002, bajo tres tipos de sistemas (cada uno con parcelas de 25x25 m²): sin tratamiento (ST); tres años de haber sido abonado, por vez única, con estiércol de ganado (B = 5 Mg ha⁻¹) y otro igual a B pero reabonado al inicio del estudio con estiércol de ganado (RB = 5 Mg ha⁻¹). Cada sistema fue sembrado con el pasto *Cynodon dactylon*, el cual sirvió de guía para establecer los períodos de seguimientos: al inicio del tratamiento (I, 0 días), cuando el pasto alcanza el crecimiento medio (CM, 44 días) y máximo (PM 98 días) y luego de la cosecha del pasto, quedando el suelo desprotegido con dispersos rebrotes del pasto (PC, 144 días).

En cada parcela se tomaron tres puntos de muestreo aleatorizados (cada punto compuesto de 10 barrenos) y se colectaron por triplicado las muestras de suelo de 0-10 cm de profundidad, un grupo de muestras fue secado al aire y pasado por tamiz de 2 mm para los análisis físicos y químicos, otro grupo fue refrigerado (2 días) para los análisis de biomasa microbiana y para obtener los cultivos de hongos y bacterias las muestras de suelo fueron procesadas el mismo día de la toma. La preparación del terreno, para los tres ensayos, se hizo con dos pases de rastra liviana de disco. Algunos muestreos coincidieron con la época de sequía (I, PC), de lluvia (CM) y de transición (PM).

El área en estudio se ubica en una planicie de explayamiento con topografía plana a ligeramente ondulada, con pendientes de 0-3%, los análisis físicos y químicos permitieron identificar al suelo como Mollisol y clasificarlo como Haplustolls (suelos con buena estructura, abundante materia orgánica (MO) y con una alta fertilidad natural), encontrando contenidos de: 75 % de arena, 14 % de arcilla y 12 % de limo, pH 6,7, M 0,9 %, N 0,39 % y una relación C/N de 14.

Para este estudio la distribución de los agregados estables al agua (AE), se determinó por el método de fraccionamiento de agregados en distintos tamaños mediante el tamizado en seco y en agua, basado en el método de Kemper y Rosenau (1986), con algunas modificaciones propuestas por Hernández y col., (2000). Se usaron 100 g de muestra de suelo (pasadas por tamiz de 2 mm) y previo al tamizado en

agua, los agregados fueron sometidos a un pretratamiento de humedecimiento por capilaridad. Para el tamizado en agua se emplearon tamices de: 0,85; 0,50; 0,25 y 0,15 mm (tomando como referencia de macroagregados a las fracciones > 0,85 mm, agregados intermedios entre 0,50 - 0,85 y 0,25 - 0,50 mm y microagregados a < 0,25 mm). Los diferentes agregados que quedaron en cada tamiz fueron posteriormente secados en estufa a 60 °C (pretratamiento seco). Luego se realiza otro tamizado con el pretratamiento seco, para determinar el porcentaje de arena en cada fracción de agregados. A los mismos se les añadió hexametafosfato de sodio al 10 % (Calgón) como dispersante, mezclándolo durante 10 minutos, finalmente cada fracción fue pasada por el mismo tamiz donde quedo retenido. Este procedimiento permite observar si los agregados obtenidos se mantienen estables independientemente de la intensidad de la fuerza de rompimiento empleada y por tanto hacer la corrección correspondiente.

La actividad biológica en el suelo se estimó directa e indirectamente, la primera por el método de conteo directo de placa en medio de agar selectivo tanto para bacterias (agar nutritivo) como para hongos (agar Malta), lo que permitió determinar el número de colonias (UFC/g = Unidades Formadoras de Colonias por gramo de suelo) con el fin de estimar sus densidades en el suelo (Garassini, 1967; MacFaddin, 1978; Merck, 1982). La segunda por medio de la estimación del carbono y nitrógeno en la biomasa microbiana, empleándose la técnica de fumigación-extracción con cloroformo libre de alcohol, propuesta por Vance y col., (1987) para el carbono (C-BM), y la técnica de incubación-fumigación-extracción propuesta por Sparling y West (1988) para el nitrógeno (N-BM). El C-BM fue calculado como la diferencia entre el C extraído en el suelo fumigado y el de suelo no fumigado, igualmente se hizo para el N-BM. Empleándose como factor (K) de corrección para el carbono (C) el valor de $K_C = 0,38$ (Vance y col., 1987) y para el nitrógeno (N) el $K_N = 0,68$ (Brookes y col., 1985). Para el tratamiento estadístico, se utilizó el paquete STATISTIC versión 5.0 y se realizaron análisis de varianza de dos vías.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

Se ha considerado que una buena estructura para el crecimiento del cultivo depende de la existencia de agregados particulares de suelo de 1 a 10 mm de diámetro, que permanezcan estables entre los cambios de humedad. Dichos agregados deberían tener una buena distribución de tamaños de poros, tanto de macro

como de microporos que permitan una buena aireación y contenido de humedad para el crecimiento de la plantas (Hernández, 1998).

Los resultados (Fig.1) en relación a la distribución de agregados estables (AE) indican que para el momento de iniciarse (I) los ensayos, los tratamientos ST, B y RB no reflejaron diferencias significativas para ninguna de las fracciones de agregados estudiados entre ellos, reflejándose en ambos tratamientos, un predominio de agregados > 0,850 mm y < 0,150 mm (Fig.1 I).

Para la época cuando el pasto alcanza un porte medio de 35 cm (promedio de 60 cm de estolones) (CM) que corresponde a la temporada de lluvia, se aprecia que RB presenta el mayor porcentaje de macroagregados (0,85-2mm), diferenciándose significativamente en un 60 % respecto a ST y B (Fig. 1 CM). En relación a los AE de tamaño intermedio (0,25 - 0,50 mm), ST presenta el mayor valor respecto a B y RB, diferenciándose en un 35 y 45 %, respectivamente. Con relación a las otras fracciones de AE no se evidenciaron cambios significativos entre los tratamientos. Ahora bien, comparando CM con I (Fig.1 I, CM), se observó una disminución significativa en los macroagregados de las parcelas ST y B (68 y 61 %, respectivamente) y un aumento en los agregados intermedios (0,50 - 0,85 y 0,25-0,50 mm) correspondiendo en un 53 y 64 % para ST y en un 42 y 43 % para B, respectivamente.

Estos cambios en la dinámica estructural que se relacionan con la disminución de los agregados más grandes y un aumento en los agregados de tamaño intermedio, a expensas de los primeros, están relacionados con el efecto de las gotas de lluvia que ocasiona la disgregación de los AE de mayor tamaño. No obstante, no se observan cambios significativos en el ensayo RB, lo cual indica que la aplicación reciente del estiércol amortigua mejor el efecto del impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo. Estos resultados coinciden con lo encontrado por otros autores, que señalan que la aplicación de estiércoles y/o abonos verdes, la mayoría de las veces favorece la actividad de la microflora sobre la materia orgánica y coadyuva a que se generen partículas cementantes para mantener la estructura del suelo, además de protegerlo del efecto de las lluvias (Mazurak y col., 1977; Schtnning y col., 1994; Carr y col., 2003; Mikha y Rice, 2004).

Continuando con el estudio de la distribución de AE para la época donde el pasto alcanza la mayor biomasa (porte promedio de 48 cm y de estolones 2 m) (PM), el cual coincide con la salida de las lluvias (época de transición), se puede apreciar en ST y B un aumento

significativo de los macroagregados en relación a RB de 31 y 38 %, respectivamente (Fig. 1 PM). No encontrando diferencias en las demás fracciones de agregados, a excepción de B que se diferencia significativamente de RB presentando el menor valor en los agregados de 0,25 - 0,50 mm. La disminución en los macroagregados en el ensayo RB, puede ser atribuido a que el suelo presenta para este período un estado de agregación menos estable, que se relaciona con la producción del pasto, el cual resultó ser mayor para este tratamiento, diferenciándose significativamente de ST y B (datos no presentados en este trabajo), por lo que se da un mayor desarrollo de raíces y estolones que pueden estar influyendo en la disgregación de los macroagregados.

Se realizó un cuarto muestreo, luego de la cosecha del pasto (PC), donde el suelo quedó desprotegido de la vegetación y coincidiendo con una época seca, donde el suelo ha perdido un gran porcentaje de humedad (datos no presentados en este trabajo). En los resultados de este muestreo (Fig. 1 PC) no se evidenciaron diferencias significativas en los tratamientos aplicados para ninguna de las fracciones de agregados. No obstante, al comparar los tratamientos de PC con los otros períodos, las diferencias significativas están relacionadas con los mayores valores de las fracciones de macroagregados de ST y B respecto al período CM, los cuales tienden a incrementar luego de culminar las lluvias en un 71 y 65 %, respectivamente. Igualmente se aprecia una disminución significativa entre los agregados intermedios (0,25 - 0,50 mm) de ST en relación a CM, siendo este de un 59%. En estos resultados, se puede notar como el sistema luego de haber estado expuesto a cambios por laboreo, efecto de las lluvias, presencia y ausencia de vegetación, tiende a restablecer de nuevo una estructura parecida a la observada al inicio de los tratamientos. Tal pareciera que puede llegar a alcanzar “un equilibrio estable de su estructura”, siempre que no esté expuesto a un mal manejo agrícola, donde haya pérdidas de materia orgánica y se vea afectada la actividad microbiana, dado a que las mismas están involucradas directamente con el mantenimiento de la estructura de los suelos.

Los resultados obtenidos permiten señalar que la presencia de las lluvias tienen un efecto directo sobre los cambios en la estabilidad de los agregados e induce a la disgregación de los macroagregados y a un aumento de los microagregados, sin embargo la presencia de una cobertura vegetal, la adición de materia orgánica y un buen desarrollo del sistema radical, tiene un efecto amortiguador del impacto de las gotas de lluvias, ayudando en la formación y en la estabilización de agregados.

Aunado a lo expuesto anteriormente, con estos resultados se valida lo señalado por Tisdall y Oades (1982), sobre los cambios en la estructura del suelo, en la cual los macroagregados se forman de la unión de los microagregados, indicando que la estructura depende en gran parte de los microagregados del suelo por ser estos más estables al humedecimiento, a los trabajos mecánicos y a las prácticas de laboreo.

La tesis de estos autores, se evidencia al observar los resultados de los microagregados menores a 0,150 mm, que indistintamente de los cambios climáticos que ocurrieron durante los 10 meses de estudio, no presentaron variaciones significativas. Estos resultados pueden estar asociados, a una mayor actividad microbiana presente en estos tamaños de microagregados, que si bien no fue cuantificada directamente en este estudio, es reportada en varias publicaciones (Kanazawa y Filip, 1986; Jocteur y col., 1991; Ladd y col., 1996; Sessitsch y col., 2001).

Este estudio permite corroborar lo expuesto por Hernández (1998), que señala que el conocimiento del estado estructural de suelo, en un momento determinado no es suficiente, ya que la estabilidad estructural es una característica dinámica, que cambia con el tiempo. El seguimiento, específico para el suelo RB, así lo corrobora, a este ensayo se le hizo un muestreo adicional, que coincidió con la época del rebrote del pasto (RBRT) (10 meses después). Los resultados (Fig. 2), señalan una diferencia significativa de microagregados < 0,150 mm en relación con los períodos I, CM y PM, lo cual se refleja en un aumento en la proporción de agregados entre 0,25 - 0,50 mm, que se diferencia significativamente de I. Se evidencia que el estudio secuencial en los cambios de los agregados estables al agua, es un indicador, junto a otros parámetros, tal es el caso de la actividad microbiana (como se vera más adelante) de como se comporta un sistema en un momento determinado, lo cual permite hacer proyecciones futuras de cada cuanto tiempo un suelo puede ser nuevamente tratado, con miras a mejorar la calidad y productividad, por ello el seguimiento del sistema en el tiempo da mayor información que los trabajos puntuales.

En este trabajo se corrobora que la estabilidad estructural es una propiedad dinámica que varía con el tiempo, dado que se generan una serie de relaciones en cadenas, donde convergen muchas variables: crecimiento y desarrollo del cultivo, cambios de humedad, actividad biológica, variaciones fisicoquímicas, variables que también condicionan la estabilidad estructural. En relación a esto el modelo de redistribución de agregados, desarrollado por Puget y

col., (2000) muestra que los macroagregados tienen una vida de pocos años pero que los microagregados pueden durar por décadas, sugiriendo que la estabilización y desestabilización de los macroagregados de los suelos está relacionado con la incorporación y biodegradación de restos de plantas.

En general, se puede concluir que el uso del estiércol de ganado contribuye a mantener los microagregados (< 0,15 mm) y en la formación de agregados intermedios (0,25 - 0,50 mm) además de servir como un agente amortiguador ante el impacto de las gotas de lluvias sobre el suelo.

Actividad biológica: biomasa microbiana (N-BM, C-BM)

Cuando se comparan los resultados del carbono en la biomasa microbiana (C-BM) en relación a los períodos de estudio (Cuadro 1), se observa que luego del inicio (I) de los tratamientos hay un aumento significativo de los valores hacia el período del crecimiento medio del pasto (CM) que coincide con la época de lluvia y una disminución para el momento de la máxima producción del pasto (PM) y la postcosecha (PC) cuando el suelo queda desnudo, coincidiendo con los períodos de salida de lluvia y sequía.

En relación para los períodos de I, se observan diferencias significativas entre B y RB, siendo RB el que presenta el menor valor de C-BM, esto se atribuye a las perturbaciones que ocurren cuando se añade de nuevo, luego de tres años, estiércol al suelo, lo cual altera el equilibrio establecido, ocasionando cambios en la dinámica de los microorganismos que se reflejan en una menor actividad, resultados semejantes han sido señalados por Ritz y col., (1997).

Al analizar los resultados para el nitrógeno en la biomasa microbiana (N-BM), se puede notar un incremento significativo del N-BM en todos los tratamientos hacia el período de CM y PM, tendiendo a disminuir hacia el período de la postcosecha del pasto (PC), observándose un comportamiento similar con el C-BM. (Cuadro 1). Sin embargo, no se evidencian diferencias significativas entre los tratamientos para un mismo período.

Lo observado en estos resultados, permiten decir que no se evidencian cambios en la biomasa

microbiana por efecto directo de los tratamientos aplicados, como han sido reseñados en otros trabajos sobre la dinámica de la biomasa microbiana. Al respecto, Ritz y col., (1997) señalan que luego de incorporar estiércol de corral al suelo durante un año, encontraron incrementos significativos del C-BM y N-BM respecto al suelo control, entre los 0 y 150 días, variando el C-BM en la parcela enmendada de 50 a 140 ug g^{-1} , respectivamente, en relación al control el C-BM microbiano varió de 45 a 100 ug g^{-1} , respectivamente, lo que significó un incremento del 61 % del C-BM de la parcela enmendada respecto al control. En relación al N-BM este varió de 17 (0d) a 32 ug g^{-1} (150 d) en el suelo enmendado, reflejándose un aumento significativo del 55 % del N-BM en relación al control que se mantuvo alrededor de 16 (0d) a 19 ug g^{-1} (150 d).

En un trabajo presentado por Ludquist y col., (1999), sobre cambios en la biomasa y la composición de las comunidades microbianas después de incorporar centeno en suelos agrícolas de California, señalan que la tasa de descomposición del centeno, la respiración y la mineralización neta de N, fueron altas en las primeras semanas después de la incorporación del centeno y ello coincide con un incremento en el carbono microbiano en la primera semana de 46 a 63 %, y en la densidad de las comunidades microbianas con un incremento del 24-52 %. Así mismo, Peacock y col., (2001), al comparar suelos bajo estiércol de ganado (5 años), enmiendas químicas y sin enmiendas, encuentran diferencias significativas del C-BM en suelos bajo estiércol de ganado (76 nmol g^{-1}) respecto a los suelos bajo fertilización química (49 nmol g^{-1}) y suelos no enmendados (42 nmol g^{-1}).

Los resultados de este estudio, están más ligados a cambios inherentes a las condiciones de humedad, a las propiedades físicas del suelo y al desarrollo de la vegetación, lo que coincide con los resultados de Murphy y col., (1998), Mendes y col., (1999) y Cookson y col., (2006) que señalan que los cambios en las condiciones del suelo como el contenido de humedad, regulan el tiempo de la actividad microbiana más que un efecto per se del manejo del suelo.

En general, se puede concluir que estos resultados guardan una relación directa, en primer lugar con las variaciones de humedad relacionadas con las épocas de sequía y de lluvia, las correlaciones realizadas del N-BM ($r = 0,84$; $n=36$) y C-BM ($r = 0,58$; $n=36$) respecto al % de humedad relativa del suelo, así

lo corroboraron resultando ser positivas y significativas. Por otra parte, se puede decir que las variaciones en la biomasa microbiana (C-BM y N-BM), reflejan como los cambios en el tamaño de los agregados del suelo influyen en la actividad de los microorganismos de los suelos.

Comunidades microbianas hongos y bacterias

Se han desarrollado numerosos métodos con el objetivo de examinar cuantitativamente y cualitativamente las poblaciones microbianas en diversos ecosistemas. Dentro del suelo los microorganismos contribuyen en gran manera a la fertilidad del mismo, es decir, a su capacidad para mantener el crecimiento vegetal (Atlas y Bartha, 2001) y a su vez las plantas ejercen una notable influencia sobre las comunidades microbianas de los suelos y dada la importancia que tienen las funciones de los microorganismos en el ecosistema del suelo, entre otros con la descomposición de la materia orgánica, el mantenimiento de la estructura, en este trabajo se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la densidad de las poblaciones de hongos y bacterias.

Densidad poblacional: Hongos y Bacterias

La densidad de hongos y bacterias (Cuadro 2) para los períodos de I y PC presentaron los menores valores, diferenciándose significativamente de los períodos CM y PM, donde la densidad poblacional tiende a incrementar, y el suelo presenta cobertura vegetal y una mayor humedad por efecto de las lluvias.

En relación a los tratamientos, las bacterias, no presentaron diferencias significativas en ninguno de los períodos de estudio. Para el caso de los hongos, es el tratamiento RB en el período I, el que se diferencia de los otros tratamientos, siendo menor la población, esto puede ser atribuido a la perturbación a la cual fue sometido el suelo, con la incorporación nuevamente del estiércol, que bien pudo causar un desequilibrio en la microflora ya establecida desde hace tres años, dado que es el mismo suelo B, que luego de tres años es reabonado. Hernández (1998), Accea y Carballas (1999), Cookson, et al. (2006), entre otros autores, indican que las operaciones de labranza (arado, rastreo), las aplicaciones de fertilizantes y enmiendas, como el uso de estiércol, riego, siembra de cultivos sin

rotación y prácticas agrícolas tienden a reducir la población microbiana de los suelos o a favorecer el predominio de ciertas clases sobre otras.

En líneas generales, se observa, que la presencia de cobertura vegetal y las variaciones de humedad inducen un aumento en la población de hongos y bacterias, aunado con los cambios obtenidos en la dinámica estructural de estos suelos para los mismos períodos, especialmente para el período de CM, donde se observa claramente un aumento de los agregados de tamaño intermedio (0,50 - 0,85 y 0,25 - 0,50 mm), a expensas de una desagregación de los agregados de mayor tamaño (0,850 - 2mm). Estudios más detallados (Jocteur y col., 1991; Brussaard y col., 1992; Ladd y col., 1996; Sessitsch y col., 2001) donde cuantifican los microorganismos asociados al tamaño de los diferentes agregados del suelo, corroboran que las poblaciones microbianas están más asociadas a los agregados más pequeños del suelo.

CONCLUSIONES

El uso del estiércol de ganado contribuye a mejorar y mantener la estructura de los suelos favoreciendo el mantenimiento de los microagregados (< 0,15 mm) y la formación de agregados intermedios (0,25 - 0,50 mm), además de servir como agente amortiguador ante el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo. Este tipo de abono provee al suelo junto con la humedad mejores condiciones que favorecen la actividad de la biomasa microbiana y mantienen las poblaciones de las comunidades de hongo y bacterias. El estudio secuencial en los cambios de AE, junto a otros parámetros, como la actividad microbiana, permite conocer como se comporta un sistema, bajo enmienda orgánica en un momento determinado, lo cual permite hacer proyecciones futuras de cada cuanto tiempo el suelo puede ser nuevamente tratado, con miras a mejorar su calidad y productividad, por ello el seguimiento del sistema en el tiempo da mayor información que los trabajos puntuales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento del FONACIT Proyecto de investigación S1-2000000651 y el apoyo logístico Laboratorios de Microbiología Ambiental y el de Estudios Ambientales de la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Instituto de Zoología Tropical.

Cuadro 1. Valores medio de la biomasa microbiana de C-BM ($\mu\text{g C g}^{-1}$) y N-BM ($\mu\text{g N g}^{-1}$) en los tratamientos: ST (sin tratamiento), B (abonado) y RB (reabonado) y los períodos de estudio: I (inicio), CM (crecimiento medio del pasto), PM (producción máxima del pasto) y PC (postcosecha).

	C-BM ($\mu\text{g C g}^{-1}$)				N-BM ($\mu\text{g N g}^{-1}$)			
	I	CM	PM	PC	I	CM	PM	PC
ST	124 abB	614 aA	49 aC	49 aBC	5,1 aB	14,1 aA	15,2 aA	12,5 aA
B	173 aB	608 aA	61 aC	38 bC	5,3 aB	15,9 aA	19,4 aA	8,9 aB
RB	97 aB	554 aA	69 aB	69 aB	4,1 aB	20,1 bA	14,7 aA	11,1 aA

Valores seguidos de letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos para un mismo período de estudio ($p < 0,05$).

Valores seguidos de letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas para los tratamientos en los períodos de muestreo ($p < 0,05$).

Cuadro 2. Promedio de colonias de hongos y bacterias ($\log \text{UFC g}^{-1}$ de suelo seco) en los tratamientos: ST (sin tratamiento), B (abonado) y RB (reabonado) y los períodos de estudio: I (inicio), CM (crecimiento medio del pasto), PM (producción máxima del pasto) y PC (postcosecha).

	Hongos				Bacterias			
	I	CM	PM	PC	I	CM	PM	PC
ST	4,11 aB	6,02 aA	5,53 aA	4,26 aB	5,48 aB	6,02 aA	5,53 aA	4,26 aB
B	4,69 aB	5,83 aA	4,9 aA	4,56 aB	5,09 aB	5,83 aA	4,90 aA	4,56 aB
RB	3,67 bB	5,74 aA	4,98 aA	4,41 aAB	5,67 aB	5,74 aA	4,98 aA	4,41 aB

Valores seguidos de letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos para un mismo período ($p < 0,05$).

Valores seguidos de letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas para los tratamientos en los períodos de estudio ($p < 0,05$).

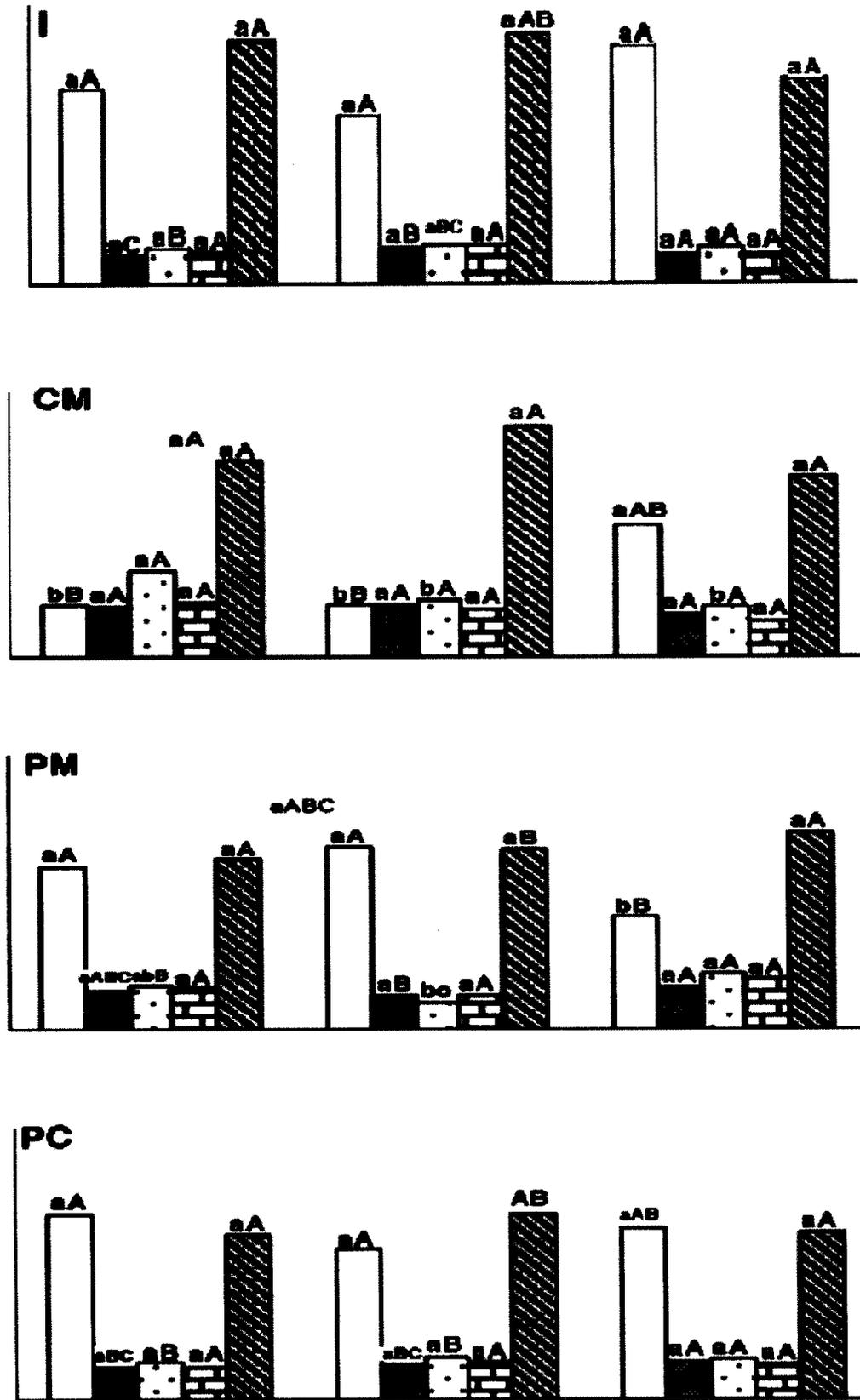


Figura 1. Distribución del porcentaje de agregados estables al agua (% AE) en los tratamientos: ST (sin tratamiento), B (abonado) y RB (reabonado) y los períodos de estudio: I (inicio), CM (crecimiento medio del pasto), PM (producción máxima del pasto) y PC (postcosecha). Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos para los mismos tamaños de agregados. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre los períodos de estudio para los mismos tamaños de agregados ($p < 0,05$).

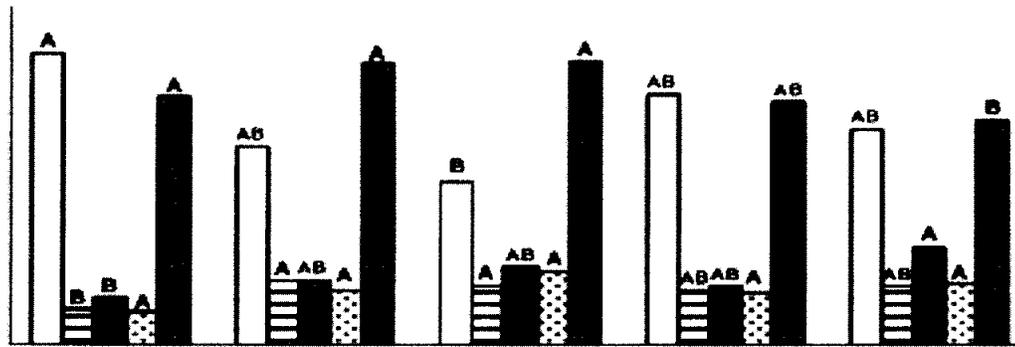


Figura 2. Distribución del porcentaje de agregados estables al agua (%AE) en el tratamiento RB durante los periodos de estudio: I (inicio), CM (crecimiento medio del pasto), PM (producción máxima del pasto), PC (postcosecha) y RBRT (rebrote del pasto). Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre los periodos de estudio para los mismos tamaños de agregados ($p < 0,05$).

LITERATURA CITADA

- Acea, M.J. y T. Carballas.* 1999. Microbial fluctuations alter soil heating and organic amendment. *Biores. Technol.* 67:65-71.
- Atlas, M.R y R. Bartha.* 2002. Ecología microbiana y microbiología ambiental. 4ta. Edición. Pearson Educación, S.A. Madrid. 677 p.
- Brookes, P. C.; A. Ladman; G. Puden y P.D. Jenkinson.* 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil. Biol. Biochem.* 17:837-842.
- Brussaard, L., L.A. Bouwman, M.Geurs, J. Hassink y K.B. Zwart.* 1990. Biomass composition and temporal dynamics of soil organisms of a silt loam soil under conventional and integrated management. *Neth. J. Agric. Sci.* 38:283-302.
- Carr, D. H., W.P.W. Friend, H. Kristensen y S.B. Blume.* 2003. Methods of manure management to increase crops nutrients uptake and reducing losses with advanced technology. Disponible: http://www.Kursus.kvl.dk/shares/ea/03projects/32game/_2003/Consultado 27/02/06.
- Cookson, W.R., P. Marschner, I. M. Clark, N. Milton, M.N. Smirk, D. V. Murphy, M. Osman, E.A Stockdale y P.R. Hirsch.* 2006. The influence season, agricultural management and soil properties on gross nitrogen transformations and bacterial community structure. *Aus. J. of Soil Res.* 44:453-465.
- Gang, L., K. Sakagami, H. Tanaka y R. Hamada.* 1998. Role of soil organic matter in stabilization of water-stable aggregates in soils under different types of land use. *Soil Sci. Plant Nutr.* 44(2):147-155.
- Garassini, L.A.* 1967. Microbiología Agraria. Universidad Central de Venezuela- Facultad de Agronomía. Maracay. pp. 329-360.
- Hati, K.M., A. Swarup, D. Singh, A.K. Misra y P.K. Ghosh.* 2006. Long-term continuous cropping, fertilization and manuring effects on physical properties and organic carbon content of a sandy loam soil. *Aus. J. of Soil Res.* 44:487-495
- Haynes, R.J. y R. Naidu.* 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 51(2):123:127.
- Hernández, R.M.* 1998. Transformación del nitrógeno y carbono y su distribución en agregados de un suelo tropical bajo dos tipos de labranza. Tesis Doctoral en Ecología. Facultad de Ciencias Universidad Central de Venezuela. 234 p.
- Hernández, R.M, A. Florentino y D. López-Hernández.* 2000. Efectos de la siembra directa y la labranza convencional en la estabilidad estructural y otras propiedades físicas de ultisols en el Estado Guárico Venezuela. *Agr. Trop.* 50(1):9-29.

- Jocteur, M.L., J. N. Ladd, A.W.Fitzpatrick, R.C. Foster y M.Raupach. 1991. Components and microbial biomass content of soil fractions in soils of contrasting aggregation. *Geoderma*. 49:37-62.
- Kanazawa, S. y Z.Filip. 1986. Distribution of microorganisms, total biomass and enzyme activities in different particles of brown soil. *Microb.Ecol.* 12:205-215.
- Kemper, W.D y R.C.Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution. Methods of soil analysis, part I. Physical and mineralogical methods-agronomy. Monograph No.9. 427-442 p.
- Ladd, J. N., R. C. Foster, P.Nannipieri y J.M. Oades. 1996. Soil structure and biological activity. *Soil Biochem.* 9:23-78.
- Lundquist, E.J., L.E. Jackson, K. M. Scow y C. Hsu. 1999. Changes in microbial biomass and community composition, and soil carbon and nitrogen pools after incorporation of rye into three California agricultural soils. *Soil Biol. Biochem.* 31:221-236.
- MacFaddin, J. F. 1978. Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias de importancia clínica. Editorial Panamericana. Buenos Aires. 301p.
- Mazurak, A.P, L. Chesmin y Y. Thijel. 1977. Effect of beef cattle manure on water-stability of soil aggregates. *Soil Sci. Am. J.* 41(3):613-615.
- Mendes, I.C., A. K. Bandick, R.P. Dick y P.J. Bottmley. 1999. Microbial biomass and activities in soil aggregates affected by winter cover crop. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:873-881.
- Merck, E. 1982. Manual de medios de cultivo Merck. Frankfurter Strasse 250. D-6100 Darmstadt (R.F. Alemania). 189 p.
- Mikha, M.M. y C.W. Rice. 2004. Tillage and manure effects on soil and aggregated-associated carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:809-816.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARN). 1982. Mapa de la vegetación actual de Venezuela. Dirección general sectorial de información e investigación del ambiente.
- Montenegro, H. y D. Malagón. 1990. Propiedades físicas de los suelos. IGAC. Subdirección Agrícola. 813 p.
- Murphy, D.V., I.R.P. Fillery y G.P. Sparling. 1998. Seasonal fluctuations in gross N mineralisation. Ammonium consumption and microbial biomass in a western Australian soil under different land uses. *Aus. J. of Agric. Res.* 49:523-535.
- Oades, J.M. 1984. Soil organic matter and structural stability mechanisms and implications for management. *Plant Soil.* 76:319-337.
- Oades, J.M. 1993. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma.* 56:377-400.
- Paccini, R.; A. Piccolo, J.S.C. Mbagwu, A. Z. Teshale & C.A. Igwe. 2002. Influence of the addition of organic residues on carbohydrate content and structural stability of some highland soils in Ethiopia. *Soil Use Manage.* 18(4): 401-411.
- Peacock, A.D., M.D. Mullen, D.B. Ringelberg, D.D. Tyler, D.B. Hedrick, P.M. Gale y D.C. White. 2001. Soil microbial community responses to dairy manure or ammonium nitrate applications. *Soil Biol. Biochem.* 33:1011-1019.
- Pérez, O. J. 1981. Efectos de aplicaciones de estiércol y fósforo sobre algunas propiedades físicas y químicas de un suelo del Valle de Quibor, Estado Lara y su influencia sobre el desarrollo de plantas de tomate. Tesis de Maestría en Ciencias del Suelo. Facultad de Agronomía UCV. Maracay 120 p.
- Pla, I. 1978. Dinámica de las propiedades físicas y su relación con problemas de manejo y conservación en suelos agrícolas en Venezuela. Trabajo de Ascenso. Facultad de Agronomía, Maracay UCV. 201 p.
- Ponting, C. 1992. Historia verde del mundo. Ediciones Paidós. S.A Barcelona. pp. 281-356.
- Puget, P., C. Chenu y J. Balesdent. 2000. Dynamics of soil organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregates. *Eur. J. Soil Sci.* 51(4):595-605.
- Rivero, C. y J. Paolini 1994. Efecto de la incorporación de residuos vegetales sobre algunas propiedades físicas de tres suelos venezolanos. *Venezuelos* 2(1):26-31.

- Ritz, K., R.E. Wheatley y B.S. Griffiths. 1997. Effects of animal manure and crop plants upon size and activity of soil microbial biomass under organically grown spring barley. *Biol. Fertil. Soils*. 24:372-377.
- Schnning, P. B.T. Christensen y B. Carstensen. 1994. Physical and chemical properties of a sandy loam receiving animal manure, mineral fertilizer or no fertilizer for 90 years. *Eur. J. Soil Sci.* 45(3):257-268.
- Sessitsch, A. A. Weilharter, M.H. Gerzabek, H. Kirchmann y E. Kandeler. 2001. Microbial population structures in soil particle size fractions of a long term fertilizer field experiment. *Appl Environ. Microbiol.* 67(9):4215-4224.
- Sparling, G.P. y A.W. West 1988. Modifications to the fumigation-extraction technique to permit simultaneous extraction and estimation of soil microbial C and N. *Soil Sci. Plant Anal.* 19:327-334.
- Tisdall, J.M. y J.M. Oades, 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. of Soil Sci* 33:141-163.
- Vance, E.D., P.C. Brookes y D.S Jenkinson. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil. Biol. Biochem* 4:703-707.
- Whalen, J.K. y C. Chang. 2002. Macroaggregate Characteristics in cultivated soils alter 25 annual manure applications. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1637-1647.