

INVESTIGACIÓN

EFFECTO DE LA VEGETACIÓN Y TAMAÑO DE LOS AGREGADOS SOBRE FORMAS ORGÁNICAS DEL SUELO¹

Vegetation and aggregate size effect on organic forms of soil

Mabel E. Vázquez², Andrea E. Pellegrini² y Gabriela Diosma²

ABSTRACT

Vegetable species interact with soil to establish the particular dynamics of its organic matter, and condition its microbiological activity, especially for the quantities and nature of the provided residue. The aim of this paper is to evaluate the incidence of arboreal and herbaceous species in the microbial biomass, and the total and light carbon (Ct, Cl) and nitrogen (Nt, NI) in fractions of different sizes of the superficial horizon of a typical Argentinean Argiudol. The results obtained allow the following conclusions: the concentrations of Ct, Cl and Nt were considerably higher in the fractions above 0.1 mm; the concentration of Ct, Cl, Nt and NI, adjusted for the weight of the fraction, was considerably higher for the fraction between 0.2 and 0.5 mm; the concentration of NI and Cl/Ct and NI/Nt relations showed interaction effects between the fraction size and the kind of vegetation. No statistically significant differences in the microbial biomass were detected.

Key words: nitrogen, carbon, microbial biomass.

RESUMEN

Las especies vegetales establecen dinámicas particulares de la materia orgánica del suelo y condicionan su actividad microbiológica, especialmente por las cantidades y naturaleza de los residuos aportados. En este trabajo se evaluó la incidencia de especies arbóreas y herbáceas en la biomasa microbiana, el contenido de carbono y nitrógeno totales (Ct, Nt) y livianos (Cl, NI) sobre fracciones de diferentes tamaños en un Argiudol típico de la Argentina. Los resultados obtenidos permiten hacer las siguientes afirmaciones: las concentraciones de Ct, Cl y Nt fueron considerablemente superiores en las fracciones mayores a 0,1 mm; la concentración de Ct, Cl, Nt y NI, ponderada por el peso de la fracción, fue considerablemente superior para la fracción comprendida entre 0,2 y 0,5 mm; la concentración de NI y las relaciones Cl/Ct y NI/Nt revelaron efectos de interacción entre el tamaño de fracción y el tipo de vegetación. No se detectaron diferencias estadísticamente significativas de la biomasa microbiana.

Palabras clave: nitrógeno, carbono, biomasa microbiana.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de síntesis, evolución y dinámica de la materia orgánica (MO) en su conjunto,

controlados fundamentalmente por la actividad microbiológica del suelo, inciden sobre aspectos del mismo, tales como la estructura y su estabilidad, la posibilidad de retención hídrica, así

¹Recepción de originales: 16 de agosto de 1999.

²Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, CC 31, La Plata (CP 1900), Buenos Aires, Argentina. E-mail: mevazquez @infovia.com.ar

como la provisión de una serie de nutrientes cuya principal reserva está constituida por esta fracción. Este vínculo asocia al contenido y naturaleza de la MO a diversos parámetros, que en conjunto, definen gran parte de la fertilidad edáfica.

La disponibilidad biológica de los sustratos orgánicos es sumamente heterogénea y es una función de las características químicas de los mismos. Sin embargo, existirían otros factores de control de esta disponibilidad. Según diversos autores (Elliot y Coleman, 1988; Cambardella y Elliot, 1993) la oclusión física de los componentes orgánicos determinaría la accesibilidad de los mismos para los microorganismos del suelo.

Christensen (1987) afirma que la dinámica de la MO puede ser evaluada con mayor precisión, cuando se analizan individualmente fracciones de diferentes tamaños. La razón de ello sería, precisamente, la discriminación de esta accesibilidad para diferentes niveles de oclusión física, cuando se procede de esta forma.

Aspectos como la incidencia de la incorporación de residuos de cosecha, labranzas, aplicación de abonos orgánicos, diferencias entre suelos vírgenes y cultivados, entre otros, fueron abordados por diversos autores mediante esta estrategia (Christensen, 1986, 1988; Angers y Mehuys, 1990; Angers y N'Dayegamiye, 1991).

Con el avance de las investigaciones se han desarrollado diversas metodologías de separación de agregados de diferentes tamaños. Tamizados en seco y en húmedo, separaciones densimétricas, ultracentrifugación, son algunos de los métodos diseñados. Según Buganovsky *et al.* (1994), los fraccionamientos en seco y en húmedo serían, probablemente, las técnicas menos destructivas de la agregación natural.

Simultáneamente, las diferentes especies vegetales interactúan con el suelo estableciendo dinámicas particulares de la MO del mismo,

diferenciándose en las cantidades y naturaleza de los residuos aportados, y creando ambientes rizosféricos que condicionan la actividad microbiana en forma particular (Angers y Mehuys, 1990). Por otro lado, la biomasa microbiana ha sido propuesta como un indicador sensible de los cambios sufridos en la MO global ante diferentes situaciones de manejo (Powlson *et al.*, 1987).

El objetivo de este trabajo es evaluar la incidencia de especies arbóreas y herbáceas en la actividad microbiana global del suelo, así como en la distribución del carbono total (Ct), carbono liviano (Cl), nitrógeno total (Nt) y nitrógeno liviano (Nl), en fracciones de diferente tamaño en un horizonte superficial de un suelo Argiudol típico de la provincia de Buenos Aires, Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características generales del ensayo

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Julio Hirschorn, de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, ubicada en la localidad de Los Hornos, Partido de La Plata (35° lat. S, 58° long. O), Provincia de Buenos Aires, Argentina. Se trata de una zona de clima mesotérmico y subhúmedo. El suelo utilizado es de tipo Argiudol típico familia arcillosa fina illítica térmica fase por pendiente (Lanfranco y Carrizo, 1987).

Se realizaron los siguientes tratamientos: (VN) testigo con vegetación natural *Lolium multiflorum*, *Paspalum dilatatum*, *Stipa* sp., *Cynodon dactylon*, *Poa annua*, *Medicago lupulina*; (EU) cortinas de eucalipto (*Eucalyptus* sp.); (MA) cortinas de paraíso (*Melia azedarach*); (PD) pradera (*Bromus unioloides*, *Lolium multiflorum*, *Trifolium pratense*) cortada, picada y devuelta al terreno periódicamente.

El diseño experimental fue completamente aleatorizado, con 2 repeticiones.

Muestreo y determinaciones analíticas

Se realizó un muestreo compuesto por parcela hasta la profundidad de 20 cm, al cabo de un período de desarrollo de 7 años, entre 1991 y 1998. La muestra compuesta estuvo integrada por 5 submuestras de 0,5 kg.

Las muestras se homogeneizaron y dividieron en 2 porciones, una de las cuales se mantuvo refrigerada para su análisis inmediato de biomasa microbiana mediante la técnica de Jenkinson y Powlson (1976) cuyo principio del C-CO₂ liberado en muestras de suelo (tamizado por malla 2 mm) previamente fumigadas con cloroformo (blanco sin fumigar) y posteriormente inoculadas con suelo fresco.

La segunda porción fue fraccionada en seco en un tandem de tamices de 0,5; 0,2; 0,1; 0,05 mm, recogiendo también el material menor a 0,05 mm (Andriulo *et al.*, 1991). A lo largo de este texto el material recogido en cada tamiz se indicará con el nombre de dicho tamiz, aclarándose que incluye un rango de tamaños de agregados superiores al mismo.

Las respectivas fracciones fueron pesadas y analizadas a través de las siguientes metodologías:

- Ct: oxidación sobre 150 mg de suelo seco mediante dicromato de potasio 1N y ácido sulfúrico concentrado durante 20 min a temperatura ambiente. Titulación con sal de Mohr utilizando ferroína como indicador (PROMAR, 1991).
- Cl: separación densimétrica de 300 mg de suelo seco mediante solución de densidad 2 (bromoformo-álcohol). Sobre el material sobrenadante, filtrado y lavado 3 veces consecutivas con alcohol etílico y 3 veces con agua destilada, a los fines de eliminar respectivamente el bromoformo y el alcohol, se realizó la determinación de Cl con la misma técnica que Ct (Richter *et al.*, 1975).

- Nt: digestión húmeda con ácido sulfúrico y mezcla catalítica, posterior determinación por destilación microkjeldal y titulación mediante ácido bórico (PROMAR, 1991).
- Nl: separación densimétrica mediante solución de densidad 2 (bromoformo-álcohol) de igual manera que para Cl y evaluación mediante la misma técnica que para Nt (Conti *et al.*, 1983).

Análisis estadístico

Los resultados de los análisis de laboratorio fueron evaluados mediante análisis de la varianza (ANVA) paramétrico de tipo factorial (Calzada Benza, 1970), considerándose como factores el tipo de vegetación y el tamaño de la fracción. De acuerdo al resultado de dicho análisis se procedió a realizar comparaciones múltiples de Tukey, ya sea de los efectos principales o de los simples según fuera el caso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las concentraciones promedio obtenidos para C y N, se presentan en la Figura 1.

En el Cuadro 1 se indica el resultado del ANVA de las diferentes concentraciones obtenidas. Puede observarse para las determinaciones de Ct, Cl y Nt, que las distintas fracciones difieren significativamente desde el punto de vista estadístico. La comparación múltiple de Tukey señaló que en estos casos los tamaños de 0,5; 0,2 y 0,1 mm tuvieron concentraciones superiores a las obtenidas para tamaños de 0,05 mm y menores de 0,05 mm.

Según el concepto de Tisdall y Oades (1982) la estructura del suelo puede describirse por uniones de partículas minerales primarias en microagregados (0,05 – 0,250 mm), los cuales se organizan en macroagregados cuyos tamaños superan los 0,250 mm. Los resultados obtenidos señalarían que la concentración de Ct, Cl y Nt en el caso analizado sería mayor en macro-

agregados y en los microagregados más grandes. Según Elliot (1986) la pérdida de MO producida por las prácticas culturales está provocada fundamentalmente por la mineralización de los enlaces entre microagregados dentro de macroagregados, incidiendo por lo tanto en la macroagregación.

El escaso laboreo del suelo estudiado, parecería justificar las mayores concentraciones de estos elementos en los agregados de mayor tamaño. Sin embargo Andriulo *et al.* (1991), encontraron

resultados comparables a los medidos en este estudio, aún en suelos cultivados con mayor intensidad, pero taxonómicamente similares. En ambos casos la condición de suelos desarrollados bajo pradera mesotérmica subhúmeda podría incidir positivamente en el contenido de agentes macroagregantes de tipo polisacárido, aún con condiciones de laboreo.

Las relaciones porcentuales de Ct/Nt para las diferentes fracciones difieren estadísticamente (Cuadro 1). Sin embargo, serían de magnitudes

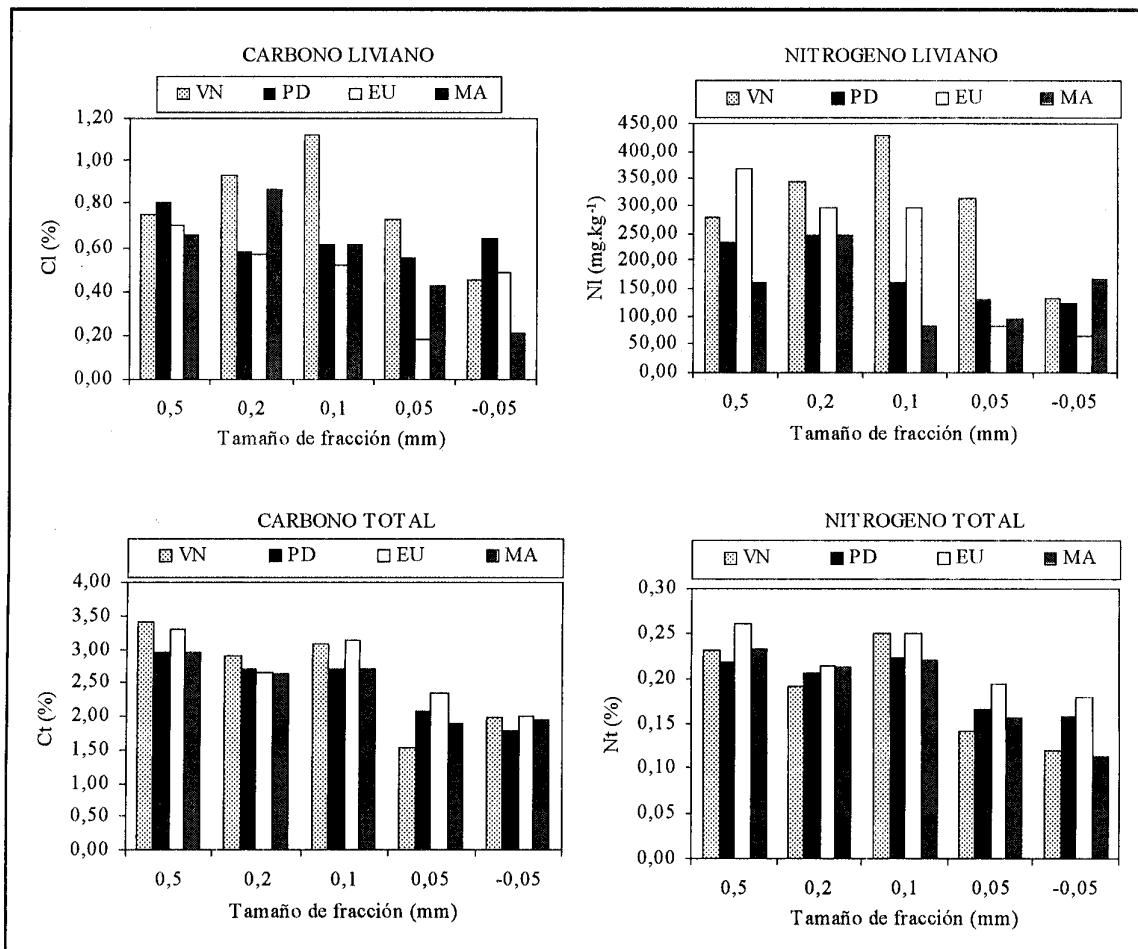


Figura 1. Concentraciones promedio de carbono liviano (Cl) y nitrógeno liviano (Nl), carbono total (Ct) y nitrógeno total (Nt) según tamaño de fracción y tipo de vegetación.

(VN: vegetación natural; PD: pradera; EU: *Eucalyptus sp.*; MA: *Melia azedarach*).

Figure 1. Average concentrations of light carbon (Cl), light nitrogen (Nl) total carbon (Ct), and total nitrogen (Nt), according to the fraction size and the kind of vegetation.

(VN: natural vegetation; PD: pasture; EU: *Eucalyptus sp.*; MA: *Melia azedarach*).

Cuadro 1. Resultados del ANVA para Ct, Cl, Nt, y NI, expresados en concentración, concentraciones ponderadas por el peso de la fracción y relaciones Ct/Nt, Cl/Ct, NI/Nt**Table 1.** Results of ANVA for Ct, Cl, Nt and NI, shown in concentration; concentrations adjusted for the weight of the fraction and relations Ct/Nt, Cl/Ct, NI/Nt

	Concentraciones				Concentracion ponderada x peso				Relaciones		
	Ct	Cl	Nt	NI	Ct	Cl	Nt	NI	Ct/Nt	Cl/Ct	NI/Nt
Tamaño	*	*	*	-	*	*	*	*	*	-	-
Tipo de vegetación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Interacción	-	-	-	*	-	-	-	-	-	*	*

*: diferencia estadísticamente significativa con una probabilidad superior al 99%.

comparables desde el punto de vista de su labilidad frente al ataque microbiano, avalando esta hipótesis.

Simultáneamente el contenido de arcilla de este suelo clasificado como Argiudol típico sería una variable adicional en la protección de fracciones orgánicas de los macroagregados. Si bien este es un fenómeno ampliamente conocido, Beare *et al.* (1994b) señalan que existen evidencias de que esta protección se produciría por una serie de fenómenos simultáneos de adsorción de la MO a la fracción arcilla, formación de microagregados, aislamiento en microporos y protección física dentro de los macroagregados estables, entre los principales.

En la Figura 2 pueden observarse los resultados obtenidos cuando se pondera la concentración de C y N por el peso relativo de la fracción.

En el Cuadro 1 puede observarse que estos resultados también difieren significativamente desde el punto de vista estadístico, para las diferentes fracciones. Sin embargo, el análisis de Tukey de los resultados de Ct, Cl, Nt, NI indican, en este caso, un mayor contenido en la fracción de 0,2 mm respecto de las demás. Esto es fundamentalmente una consecuencia del elevado peso relativo de esta fracción, correspondien-

te en su mayor proporción a los macroagregados de menor tamaño, según los conceptos de Tisdall y Oades (1982). Beare *et al.* (1994a), obtuvieron resultados relativamente comparables tanto para Ct como para Nt, fundamentalmente para los suelos bajo labranza cero, pero texturalmente más gruesos.

Es evidente que la labilidad de las fracciones orgánicas es la resultante de una serie de factores químicos y físicos del suelo, así como ambientales. Cuando se comparan resultados obtenidos por diversos autores podrían obtenerse tendencias similares, aún en situaciones experimentales con ciertas diferencias, pues algunos efectos podrían estar compensados por la presencia de otros. Suelos de texturas arenosas sin labranzas podrían producir resultados comparables a los de los suelos con mayor laboreo pero de texturas más finas.

Otro de los aspectos analizados en este trabajo fue el efecto de la vegetación sobre los contenidos de C y de N en las diferentes fracciones y biomasa microbiana. El análisis estadístico de los resultados (Cuadro 1) señala que no existirían efectos principales de este factor. Sin embargo, interactuaría con el otro factor considerado, tamaño de fracción, para la determinación de NI y las relaciones Cl/Ct y NI/Nt.

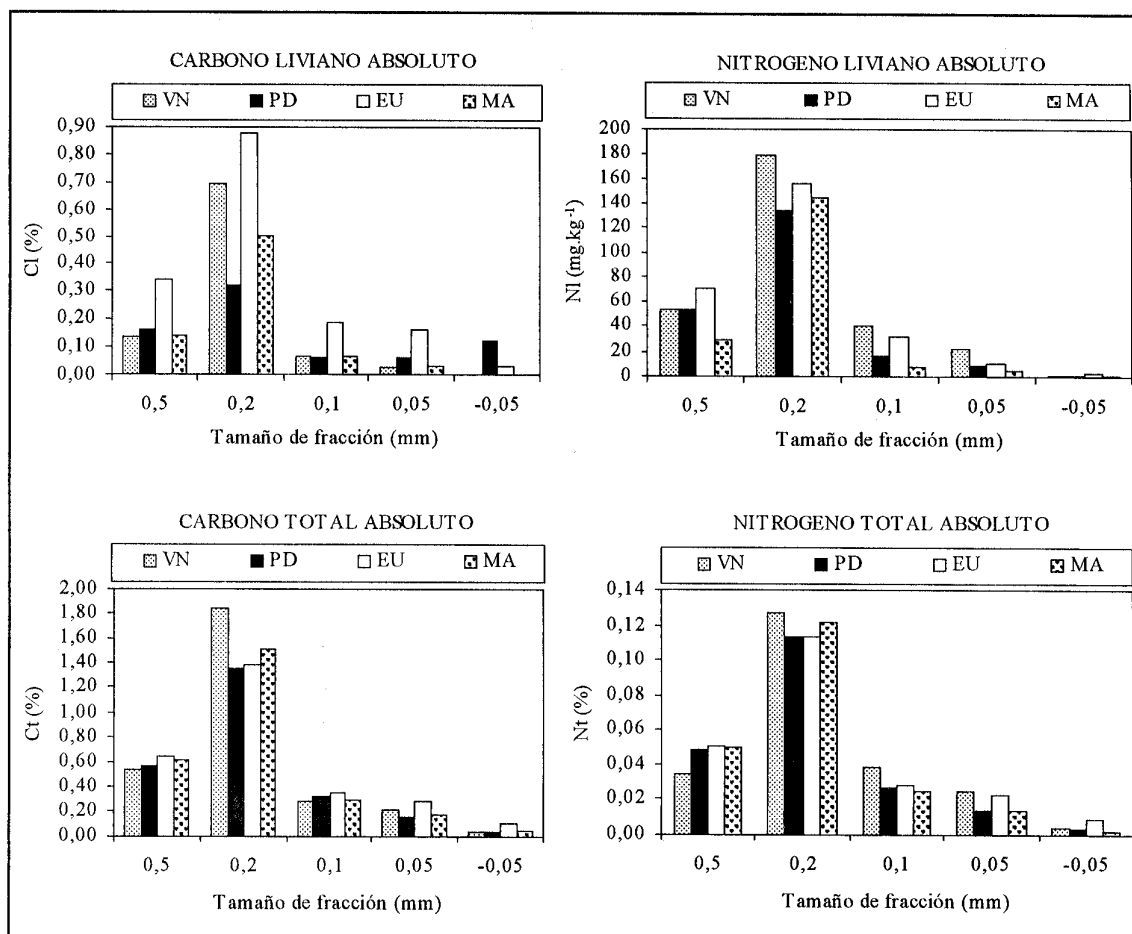


Figura 2. Concentraciones absolutas promedio de carbono liviano (Cl), nitrógeno liviano (NI), carbono total (Ct), y nitrógeno total (Nt) según tamaño de fracción y tipo de vegetación.

(VN: vegetación natural; PD: pradera; EU: *Eucalyptus sp.*; MA: *Melia azedarach*).

Figure 2. Average absolute concentrations of light carbon (Cl), light nitrogen (NI), and total carbon (Ct), total nitrogen (Nt), according to the fraction size and the kind of vegetation.

(VN: natural vegetation; PD: pasture; EU: *Eucalyptus sp.*; MA: *Melia azedarach*).

El resultado del análisis de Tukey señalaría que la concentración de NI de los tratamientos VN y EU en las fracciones superiores a 0,1 mm sería mayor a la de los tratamientos MA y PD, para las fracciones menores. Resultados comparables fueron obtenidos, en un estudio anterior sobre este sitio experimental, para fósforo orgánico por Vázquez *et al.* (1998).

Cabe destacar que las fracciones livianas que se obtienen por separación densimétrica, corresponderían a formas orgánicas de menor peso

molecular y por ende más vulnerables al ataque microbiano (Richter *et al.*, 1975; Conti *et al.*, 1983; Álvarez, 1996).

A través de estos resultados se puede comprobar que 7 años de desarrollo de especies vegetales de naturaleza marcadamente diferente ha incidido en la dinámica de las fracciones orgánicas menos humificadas, representadas aquí por las fracciones livianas, en su dinámica con los diferentes tamaños de agregados.

La MO en los tratamientos VN (composición gramínea polifítica con predominio de especies plurianuales) y EU (especie perennifolia) estaría sujeta a una dinámica diferente a los tratamientos MA (especie caducifolia) y PD (situación con predominio de leguminosas) que son cortadas y devueltas al terreno periódicamente.

Los resultados informados en el estudio de Bugarovsky *et al.* (1997), señalarían tiempos de residencia del C entre 1-3 y 7 años, para macro y microagregación, respectivamente. El lapso de tiempo considerado en esta experiencia, 7 años, y las diferencias de las concentraciones de las fracciones livianas para los mayores tamaños, permitirían confirmar los resultados de este autor. Sin embargo, el concepto podría quedar circunscripto a fracciones menos humificadas, que por otro lado son las asociadas a la macroagregación.

Los resultados de biomasa estuvieron comprendidos entre 60 y 100 mg C-CO₂ 100 g⁻¹ de suelo en forma variable según cada tipo de vegetación (Figura 3). Si bien no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, los resultados revelan que PD presentaría los valores más altos de biomasa. Esto puede deberse al abundante aporte de MO en

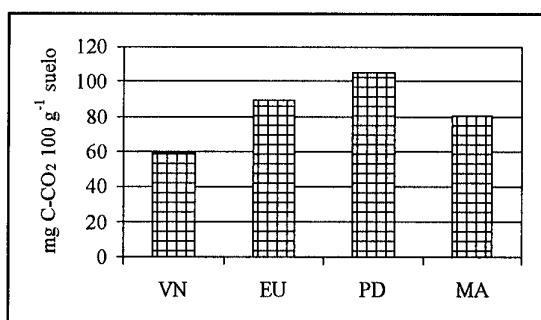


Figura 3. Biomasa microbiana (mg C-CO₂ 100 g⁻¹ suelo) según tipo de vegetación.

(VN: vegetación natural; PD: pradera; EU: *Eucalyptus sp.*; MA: *Melia azedarach*).

Figure 3. Microbiological biomass (mg C-CO₂ 100 g⁻¹ soil) according to kind of vegetation.

(VN: natural vegetation; PD: pasture; EU: *Eucalyptus sp.*; MA: *Melia azedarach*).

forma continua en este tratamiento así como en la naturaleza química de la misma, aspectos que condicionan la actividad microbiológica particular. Según Powelson *et al.* (1987), esta biomasa constituye la fracción activa de la MO del suelo y puede utilizarse como índice predictivo de futuros cambios en su nivel. Cabría analizar si estas diferencias serían más manifiestas diferenciando por tamaño de agregados.

La información obtenida en este estudio confirmaría la conveniencia del empleo de técnicas de fraccionamiento según tamaño de agregado, para investigaciones acerca de la dinámica de componentes orgánicos del suelo, ya propuesta por otros autores (Christensen, 1986; Angers y N' Dayegamiye, 1991; Angers *et al.*, 1993; Bugarovsky *et al.*, 1994). Se ratificaría, así mismo, la utilidad del fraccionamiento en seco, sugerida como una técnica poco disruptiva por Bugarovsky *et al.* (1994).

CONCLUSIONES

- Las concentraciones de Ct, Cl y Nt fueron considerablemente superiores en las fracciones mayores a 0,1 mm, independientemente del tipo de vegetación. Este tamaño está ligado fundamentalmente a la macroagregación. La condición de suelos de textura fina, desarrollados sobre pradera mesotérmica, subhúmeda, así como el escaso laboreo justificaría este fenómeno.
- La concentración de Ct, Cl, Nt y NI, ponderada por el peso de la fracción, fue considerablemente superior para la fracción comprendida entre 0,2 y 0,5 mm, fundamentalmente por el alto peso de dicha fracción.
- La concentración de NI y las relaciones Cl/Ct y NI/Nt, revelaron efectos de interacción entre el tamaño de fracción y el tipo de vegetación. En el caso del NI, los tratamientos VN y EU en los agregados mayores a 0,1 mm, fueron superiores a los de MA y PD en

los agregados menores a 0,1 mm. Esto evidencia que la dinámica de las fracciones menos humificadas ligadas a la macroagregación puede evaluarse en lapsos de tiempo como los empleados en este estudio (7 años). Así mismo, pone en evidencia el efecto de la

vegetación sobre este tipo de MO en plazos de esta magnitud.

- No se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la biomasa microbiana según tipo de vegetación.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, R. 1996. Mineralización del carbono del suelo: evaluación del componente lábil por análisis cinético y separación densimétrica. p. 35-36 (Resumen). XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 19-24 de mayo. La Pampa, Argentina.
- Andriulo, A., J. Galantini, C. Pecorari, y E. Torioni. 1991. Materia orgánica del suelo en la Región Pampeana. I. Un método de fraccionamiento por tamizado. Informe Técnico N° 250. 18 p. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino, Argentina.
- Angers, D.A., and G.R. Mehuys. 1990. Barley and alfalfa cropping effects on carbohydrate contents of a clay soil and its size fractions. *Soil Biol. Biochem.* 22:285-288.
- Angers, D.A., and A. N'Dayegamiye. 1991. Effects of manure application on carbon, nitrogen, and carbohydrate contents of a silt loam and its particle-size fractions. *Biol. Fertil. Soil* 11:79-82.
- Angers, D.A., A. N'Dayegamiye, and A. Côté. 1993. Tillage-induced differences in organic matter of particle-size fractions and microbial biomass. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:512-516.
- Beare, M.H., P.F. Hendrix, and D.C. Coleman. 1994a. Water stable aggregates and organic matter fractions in conventional and no-tillage soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:777-786.
- Beare, M.H., M.L. Cabrera, P.F. Hendrix, and D.C. Coleman. 1994b. Aggregated protected and unprotected organic matter pools in conventional and no-tillage soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:787-795.
- Buganovsky, G.A., M. Aslam, and G.H. Wagner. 1994. Carbon turnover in soil physical fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:1167-1173.
- Calzada Benza, J. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. p. 286-456. 3ª ed. De Jurídica S.A., Lima, Perú.
- Cambardella, C.A., and E.T. Elliot. 1993. Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. *Geoderma* 56:449-457.
- Christensen, B.T. 1986. Straw incorporation and soil organic matter in macro-aggregates and particle size separates. *J. Soil Sci.* 37:125-135.
- Christensen, B.T. 1987. Decomposability of organic matter in particle size fractions from field soils with straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.* 19:429-435.
- Christensen, B.T. 1988. Effects of animal manure and mineral fertilizer on the total carbon and nitrogen contents of soil size fractions. *Biol. Fertil. Soils* 5:304-307.
- Conti, M.E., A.M. Rodríguez Janeiro, M.R. Palma, y M. González. 1983. Determinación de nitrógeno en las fracciones livianas de los complejos órgano-minerales de los suelos. *Rev. Fac. Agronomía* 4:1-6.
- Elliot, E.T. 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivate soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:627-633.
- Elliot, E.T., and D.C. Coleman. 1988. Let the soil work for us. *Ecol. Bull.* 39:1-10.

- Jenkinson, D.S., and D.S. Powlson. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil 5. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 8:204-213.
- Powlson, D.S., P.C. Brookes, and B. T. Chistensen. 1987. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.* 19:159-164.
- PROMAR. 1991. Programa de métodos analíticos de referencia. 27 p. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Capital Federal, Argentina.
- Richter, M., I. Mizuno, S. Aranguez, and S. Uriarte. 1975. Densimetric fractionation of soil organo-mineral complexes. *J. Soil Sci.* 26:112-123.
- Tisdall, J.M., and J.M. Oades. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33:141-161.
- Vázquez, M.E., A.E. Pellegrini, G. Millán, y A. Deak. 1998. Caracterización y dinámica de la fertilidad fosforada en un sistema silvo-pastoril. *Agrochimica* 42:246-252.