

# TRANSFORMACIONES DE LA MATERIA ORGÁNICA EN UN SUELO LATERÍTICO (MISIONES, ARGENTINA): I. DISTRIBUCIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO EN FRACCIONES DE AGREGADOS<sup>1</sup>

## Organic matter turnover in a lateritic soil (Misiones, Argentine): I. Organic carbon distribution in aggregate size fractions

Gabriel A. Píccolo<sup>2</sup>, Ramón A. Rosell<sup>3</sup>, Juan A. Galantini<sup>4</sup>

### S U M M A R Y

Retention and enhancement of soil organic carbon content is important in maintaining soil fertility and structure. The objective of this research was to determine organic carbon distribution in two agroecosystems with yerba mate cultivation. The concentration of total soil organic carbon (CO) in aggregate size fractions separated by dry and wet sieving of several treatments of a cultivated and virgin Kandihumult from the Misiones Province, Argentina (27°39' South Lat., 55°26' West Long.) was studied. The agroecosystems assessed were: a) Native forest subtropical soil; b) A 50 year-old "yerba mate" crop (*Ilex paraguariensis* Saint Hil.) with mechanical weed control between crop lines; c) The same as b) but with no mechanical weed control between crop lines; and d) A 50 year-old "yerba mate" crop with elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) between the crop lines which was used as green manure during the last six years. A large proportion of the total soil dry weight was isolated in the macroaggregate (>250 µm) size class in all treatments with dry and wet sieving. It was found that native forest soil was more stable than cultivated soils, whereas the soil covered with elephant grass was more stable than the yerba mate soil with mechanical weed control. The highest concentration of CO was found in: (1) the native virgin forest soil, (2) the upper (0-5 cm) soil layer, and (3) the microaggregate (<250 µm) soil fractions. Elephant grass treatment appears to be a useful management practice to retain and increase soil organic carbon.

**Key words:** Aggregates, soil organic carbon, yerba mate, elephant grass.

### INTRODUCCIÓN

Los suelos tropicales bajo selva nativa se encuentran altamente estructurados y ricos en materia

orgánica. La eliminación de la cubierta arbórea natural y posterior cultivo, resulta en una significativa disminución en el contenido de materia orgánica (Djegui *et al.*, 1992).

<sup>1</sup>Recepción de originales: 18 de agosto de 1997.

Investigación financiada por INTA EEA, Cerro Azul y el Laboratorio de Humus (LAHBIS) del Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul, Casilla 6, (3313) Cerro Azul, Misiones, Argentina. E-mail: gpiccolo@inta.gov.ar

<sup>3</sup>Universidad Nacional del Sur (UNS), Dpto. de Agronomía, Laboratorio de Humus y Biodinámica del Suelo (LAHBIS), San Andrés 800, Altos del Palihue, (8000) Bahía Blanca, Argentina.

<sup>4</sup>Universidad Nacional del Sur (UNS), Dpto. Agronomía, Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), San Andrés 800, Altos de Palihue, (8000) Bahía Blanca, Argentina.

Los suelos rojos de la Provincia de Misiones, Argentina, poseen arcillas de baja actividad (tipo caolinita), las que determinan que las propiedades químicas y biológicas de los horizontes superficiales sean altamente dependientes del contenido de materia orgánica (Pieri, 1989, Feller *et al.*, 1992), la que es necesario mantener a niveles compatibles con una agricultura sustentable (Charreau y Nicou, 1971). Esto se puede lograr mediante la incorporación de residuos orgánicos por medio de especies utilizadas como abonos verdes (Feller, 1993). En estudios realizados en Misiones se determinó que la materia

orgánica aportada por especies utilizadas como abonos verdes durante un período de tres años, mejoraron las propiedades físicas y el reciclado de nutrientes (Píccolo, 1995).

La posibilidad de manejar los sistemas agrícolas en el marco de una producción sustentable, depende en gran parte del conocimiento de cómo los distintos cultivos y prácticas de manejo afectan a la materia orgánica, y cómo ésta condiciona la capacidad del suelo para proveer nutrientes (Dalal y Mayer, 1986; Cambardella y Elliott, 1992).

Los métodos de fraccionamiento físico para estudiar las transformaciones de la materia orgánica, hacen énfasis en aquellas fracciones que tienen significancia biológica. El fraccionamiento del suelo en micro y macroagregados por tamizado en seco, permite examinar el efecto de las fuerzas mecánicas (Chepil y Woodruff, 1963; Christensen, 1986). El tamizado en húmedo con pretratamiento con secado al aire "slaking", estudia la resistencia de los agregados para soportar la presión del aire atrapado en los capilares, como consecuencia de la violenta entrada del agua al interior del agregado, o la presión debida al aumento de volumen (Tisdall y Oades, 1982).

El objetivo de esta investigación fue estudiar la distribución del carbono orgánico en fracciones de agregados de un suelo Kandihumult en dos agroecosistemas yerbateros, tomando como ecosistema de referencia a la selva subtropical virgen.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción de los ecosistemas y muestreo de suelos

La experiencia se efectuó sobre muestras tomadas del horizonte A<sub>1</sub> de un Kandihumult, en la provincia de Misiones, Argentina (27° 39' Lat. S y 55° 26' Long. W). Sus características principales son: textura arcillosa (arcilla 0,57 kg kg<sup>-1</sup>; arena 0,16 kg kg<sup>-1</sup> y limo 0,27 kg kg<sup>-1</sup>), pH 5,2;

CIC 15 cmol kg<sup>-1</sup> y 35% de saturación de bases. La temperatura media anual de la región es 20,8°C, con un promedio mensual máximo en enero (25,5°C) y mínimo en julio (15,6°C). La precipitación media anual es de 1.970 mm sin estación seca.

Los estudios se efectuaron en dos agroecosistemas cultivados y en el ecosistema selva virgen. Se seleccionó al efecto una plantación de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) con 50 años de monocultivo. El control de malezas se realizó con azada manual y/o herbicida en las líneas y pasadas anuales de rastra en las calles. Este manejo generó dos situaciones, la línea no alterada por labranzas y la calle labrada en exceso. Se seleccionó además un yerbal de la misma edad consociado con pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schumacher) utilizado como abono verde durante los últimos seis años; esta especie se plantó en la calle del yerbal. El manejo consistió en cortes cuando el follaje alcanzaba un metro de altura. Se estableció un lote de 25 x 30 m en cada uno de los tratamientos descritos, tomando siete muestras al azar por tratamiento, con profundidades de 0 a 0,05 y 0,05-0,15 m. Las situaciones de muestreo en las plantaciones de yerba mate fueron las líneas y las calles, con y sin cultivo intercalado de pasto elefante.

### Métodos de laboratorio

El fraccionamiento físico del suelo se realizó por tamizado en seco y húmedo. El fraccionamiento en seco se realizó con un tamizador marca Retsch, Tipo 30, 80 Watt, 220 Volt, en posición 40, durante 5'. Las muestras de aproximadamente 1.500 g se colocaron en la parte superior de una batería de 4 tamices de 8'' de diámetro, con las siguientes aberturas de malla: 8.000, 2.000, 250 y 100 µm, obteniéndose fracciones de macroagregados >250 µm, y microagregados <250 µm.

En la operación de fraccionamiento por tamizado en húmedo, se colocó en la parte superior de una batería de tamices de 3'' de diámetro, con las

mismas aberturas de malla que los utilizados en el tamizado en seco, 50 g de suelo con pretratamiento de secado al aire ("slaking"). El conjunto se sumergió en una batea cilíndrica con agua. La operación de tamizado se realizó durante 5 minutos, con un agitador mecánico de frecuencia 30 ciclos  $\text{minuto}^{-1}$  y 0,025 m de amplitud. El material vegetal separado por flotación fue descartado. La fracción de microagregados menores ( $<100 \mu\text{m}$ ) se obtuvo por diferencia entre el peso de suelo total puesto a tamizar, y la suma de las restantes fracciones recogidas. Se determinó peso seco de fracciones secadas en estufa a  $50^\circ\text{C}$  durante 24 h. Las determinaciones de carbono orgánico total en agregados (COT) se realizaron por combustión seca. Se realizó comparación de medias con el test t ( $P < 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Distribución de agregados en fracciones granulométricas

#### a) Tamizado en seco (TS)

En la capa superficial de 0-0,05 m y en todos los ecosistemas, la mayor acumulación de suelo se produjo como macroagregados (Figura 1 a). Las causas de su estabilidad se deberán encontrar en su mineralogía, con alto contenido de arcilla (entre 50 y 60%), y la abundancia de óxidos e hidróxidos de Fe y Al (Edwards y Bremner, 1967; Duxbury *et al.*, 1989).

El suelo virgen y el suelo cultivado con pasto elefante presentaron en las fracciones de  $>8.000$  y  $2.000-8.000 \mu\text{m}$  los mayores porcentajes de suelo seco. Si se considera que el pasto elefante se plantó en las calles del yerbal degradado, el cultivo del abono verde ha mejorado la estabilidad de los macroagregados, hasta una situación cercana a la virgen.

Diversos autores han encontrado que la reducción de la estabilidad de los agregados del suelo después del cultivo es más pronunciada en los macroagregados, lo que produce una acumula-

ción de suelo como microagregados (Tisdall y Oades, 1980; Elliott, 1986; Cambardella y Elliott, 1993). Sin embargo, en este trabajo se ha podido constatar que la disminución de la estabilidad de los macroagregados mayores, produce una acumulación de suelo fundamentalmente como macroagregados menores ( $250-2.000 \mu\text{m}$ ) y no como microagregados (Figura 1 a).

En la capa subsuperficial de 0,05-0,15 m la distribución general del suelo es similar a la obtenida en superficie pero con menores diferencias entre medias (Figura 1 b). Los bajos coeficientes de variación del fraccionamiento en seco en superficie y profundidad, resaltan la precisión del método que ha permitido diferenciar estadísticamente valores medios muy próximos.

#### b) Tamizado en húmedo (TH)

En las dos profundidades del horizonte  $A_1$  es sorprendente la estabilidad de los macroagregados obtenidos por tamizado en húmedo con pretratamiento de secado al aire "slaking" (Figura 1 c, d), debido a que contienen la mayor parte del suelo.

En la capa superficial, en la fracción  $>8.000 \mu\text{m}$ , el mayor porcentaje de suelo correspondió al agroecosistema con pasto elefante (Figura 1 c). Posiblemente la gran cantidad de residuos aportados por esta especie (Piccolo, 1995), ha estimulado el desarrollo de una red de uniones orgánicas agregantes, tales como raíces e hifas, (Tisdall y Oades, 1982), las que han incrementado notablemente la estabilidad de los agregados a la acción del agua.

Se observa que con el fraccionamiento en húmedo, los valores promedios con diferencias absolutas similares a las obtenidas con tamizado en seco no difieren estadísticamente, posiblemente la causa radique en los mayores coeficientes de variación del método. El tamizado en seco, además de poseer menor variabilidad, es más sencillo y rápido.

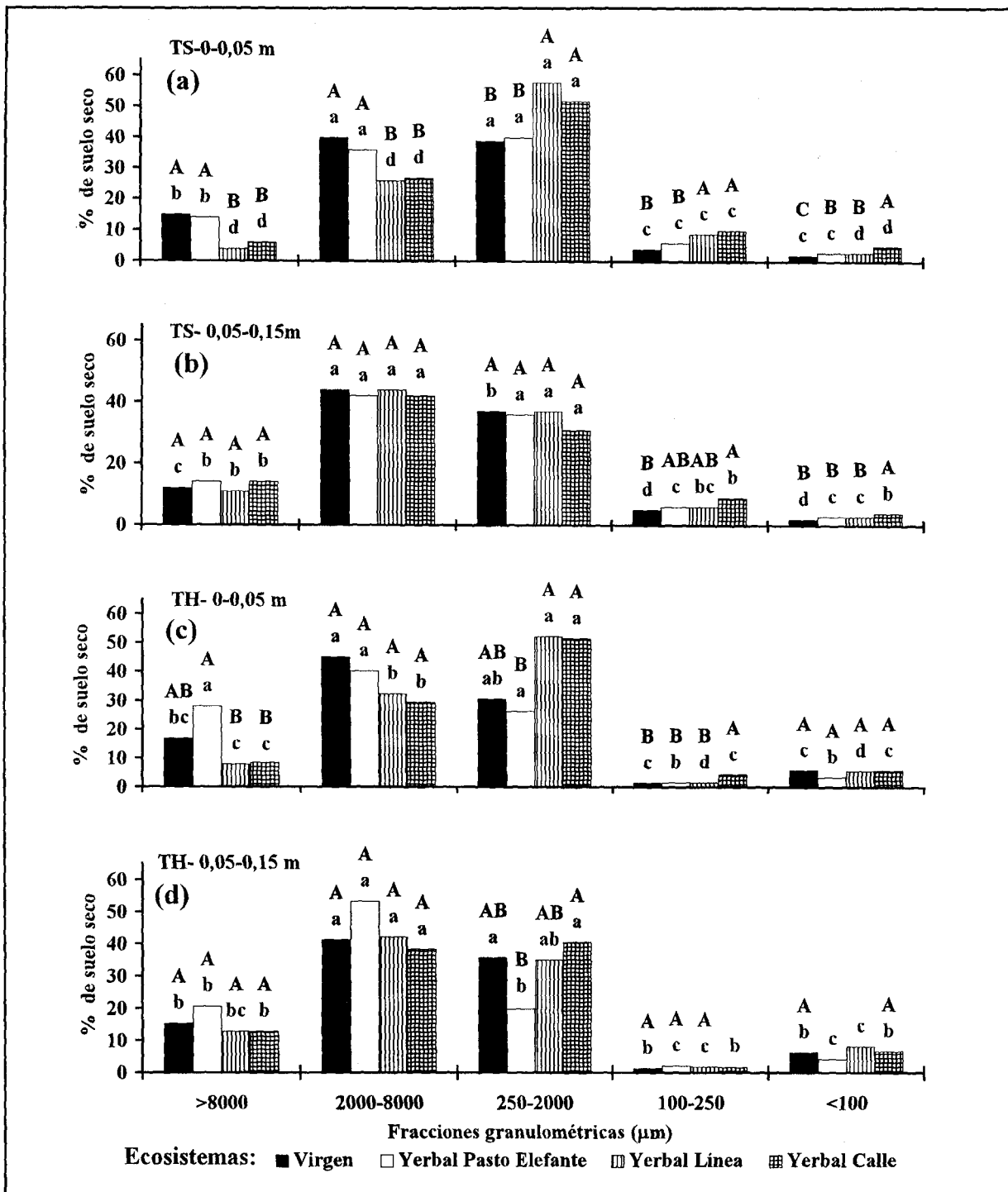


Figura 1. Fracciones de agregados provenientes de un ecosistema virgen y agroecosistemas, obtenidos por tamizado en seco (TS) y húmedo (TH) en dos profundidades (0-0,05 y 0,05-0,15 m). Los valores con una misma letra mayúscula dentro de una fracción de agregados entre ecosistemas no difieren significativamente ( $P < 0,05$ ). Los valores con una misma letra minúscula dentro de un ecosistema entre fracciones no difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

Figure 1. Aggregates fractions from a virgin ecosystem and agroecosystems, performed by dry (TS) and wet sieving (TH) in two depths (0-0.05 and 0.05-0.15 m). Values followed by the same uppercase letter within an aggregate fraction between ecosystems are not significantly different at ( $P < 0.05$ ). Values followed by the same lower case letter within an ecosystem between fractions are not significantly different at ( $P < 0.05$ ).

## Concentración de carbono orgánico en agregados

### a) Tamizado en seco

El suelo virgen en las fracciones de agregados de las dos profundidades posee mayor concentración de CO (Figura 2 a, b). En los primeros 0,05 m del suelo, en el ecosistema virgen y en las líneas y calles del yerbal degradado, las mayores concentraciones de CO se encontraron en los microagregados (Figura 2). Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Buyanosky *et al.* (1994), quienes indican que la mayor concentración de CO en las fracciones de microagregados es debido al mayor porcentaje de arcilla de estas. Es importante considerar que en superficie, el contenido de CO en la calle con pasto elefante es igual en todas las fracciones de agregados (Figura 2 a), lo cual indica que si inicialmente las concentraciones de CO en las calles con pasto elefante eran similares a las de la calle sin abono verde, los residuos aportados por la especie se distribuyeron preferentemente en los macroagregados.

### b) Tamizado en húmedo

En las dos profundidades no se detectaron diferencias en la concentración de CO dentro de los ecosistemas. Se observa también que los registros son menores a los obtenidos por fraccionamiento en seco, debido posiblemente a pérdidas durante el proceso de fraccionamiento en agua (Figura 2 c, d).

## Contenido de carbono orgánico en fracciones de agregados

### a) Tamizado en seco

El contenido de carbono orgánico en fracciones de agregados se calculó con el peso de suelo de la fracción y la concentración de CO de la misma. En las dos profundidades estudiadas, todos

los ecosistemas acumularon mayor cantidad de CO en los macroagregados (Figura 3 a, b). El cultivo del suelo virgen produjo disminución del CO contenido en los macroagregados (Figura 3 a, b). El pasto elefante acumuló CO en forma selectiva, depositando fundamentalmente materia orgánica lábil en los macroagregados mayores, lo que se constató en forma visual, observando la gran cantidad de raíces que los atravesaban.

Los resultados indican que el contenido de CO en las fracciones físicas está determinado principalmente por el peso del suelo; resultados similares obtuvieron Cambardella y Elliott (1993).

### b) Tamizado en húmedo

Con el tamizado en húmedo, la mayor parte del CO se encontró en los macroagregados (Figura 3 c, d). Similares tendencias se observaron en el fraccionamiento en seco. Los resultados indican que el efecto agregante de los óxidos de hierro de la fracción arcilla genera una alta proporción de macroagregados, posibilitando una mayor acumulación de CO en los mismos.

## CONCLUSIONES

El suelo rojo Kandihumult estudiado, posee una distribución granulométrica muy característica, con la mayor cantidad de suelo acumulado como macroagregados. Se encontró una disminución de la cantidad de macroagregados mayores por acción del cultivo. Debido a características propias del suelo, la rotura de los agregados mayores generó una mayor acumulación de suelo como macroagregados menores (250-2.000  $\mu\text{m}$ ) y no como microagregados. De la comparación de los métodos de fraccionamiento en seco y húmedo, se observa que el modelo de distribución general de agregados en ambos es similar, sin embargo, es importante resaltar la comparativa simplicidad y rapidez del método de tamizado en seco.

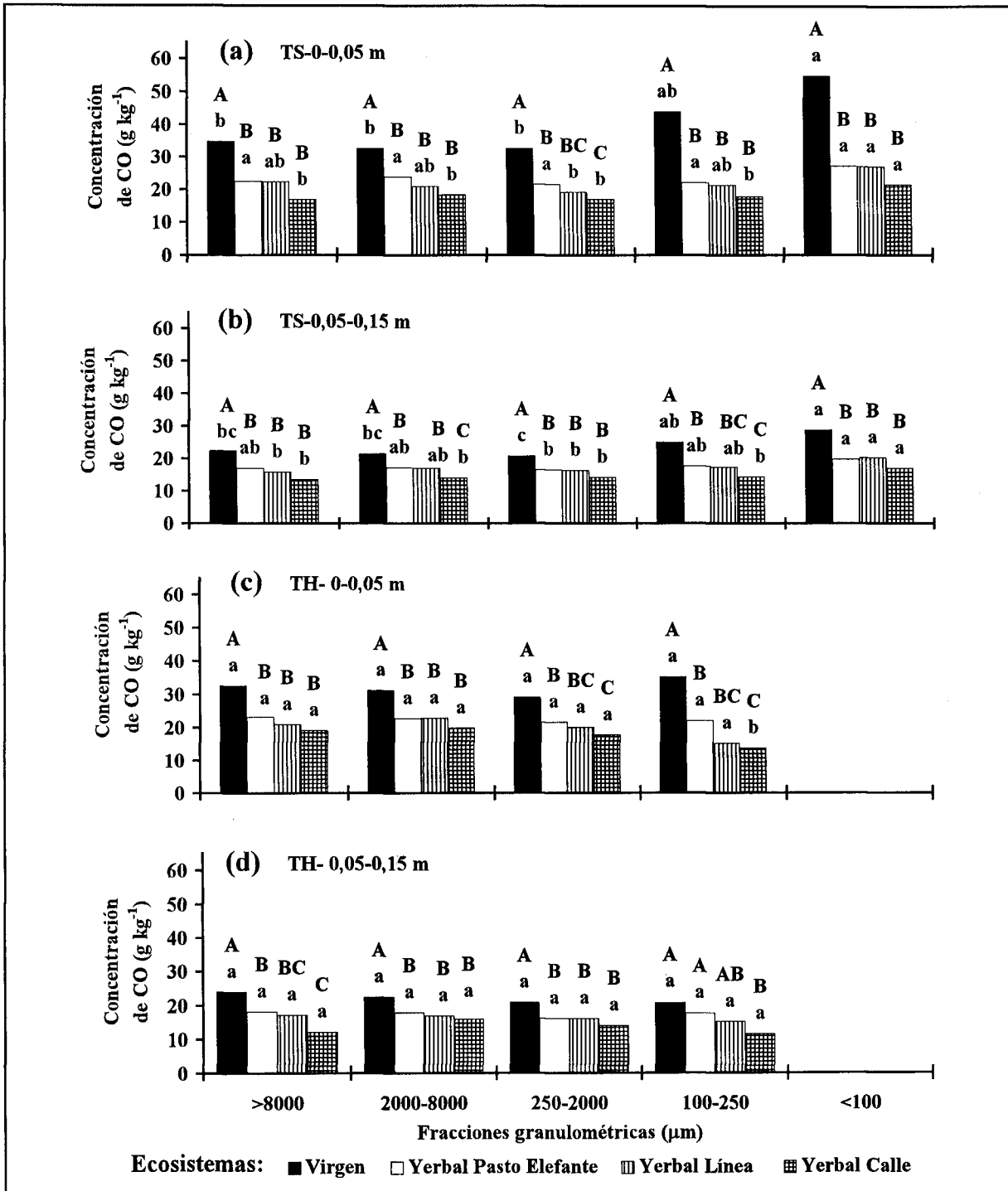


Figura 2. Concentración de CO en agregados provenientes de un ecosistema virgen y agroecosistemas, obtenidos por tamizado en seco (TS) y húmedo (TH) en dos profundidades (0-0,05 y 0,05-0,15 m). Los valores con una misma letra mayúscula dentro de una fracción de agregados entre ecosistemas no difieren significativamente ( $P < 0,05$ ). Los valores con una misma letra minúscula dentro de un ecosistema entre fracciones no difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

Figure 2. Organic carbon concentration (CO) in aggregate fractions from a virgin ecosystem and agroecosystems, performed by dry (TS) and wet sieving (TH) in two depths (0-0.05 and 0.05-0.15 m). Values followed by the same uppercase letter within an aggregate fraction between ecosystems are not significantly different at ( $P < 0.05$ ). Values followed by the same lower case letter within an ecosystem between fractions are not significantly different at ( $P < 0.05$ ).

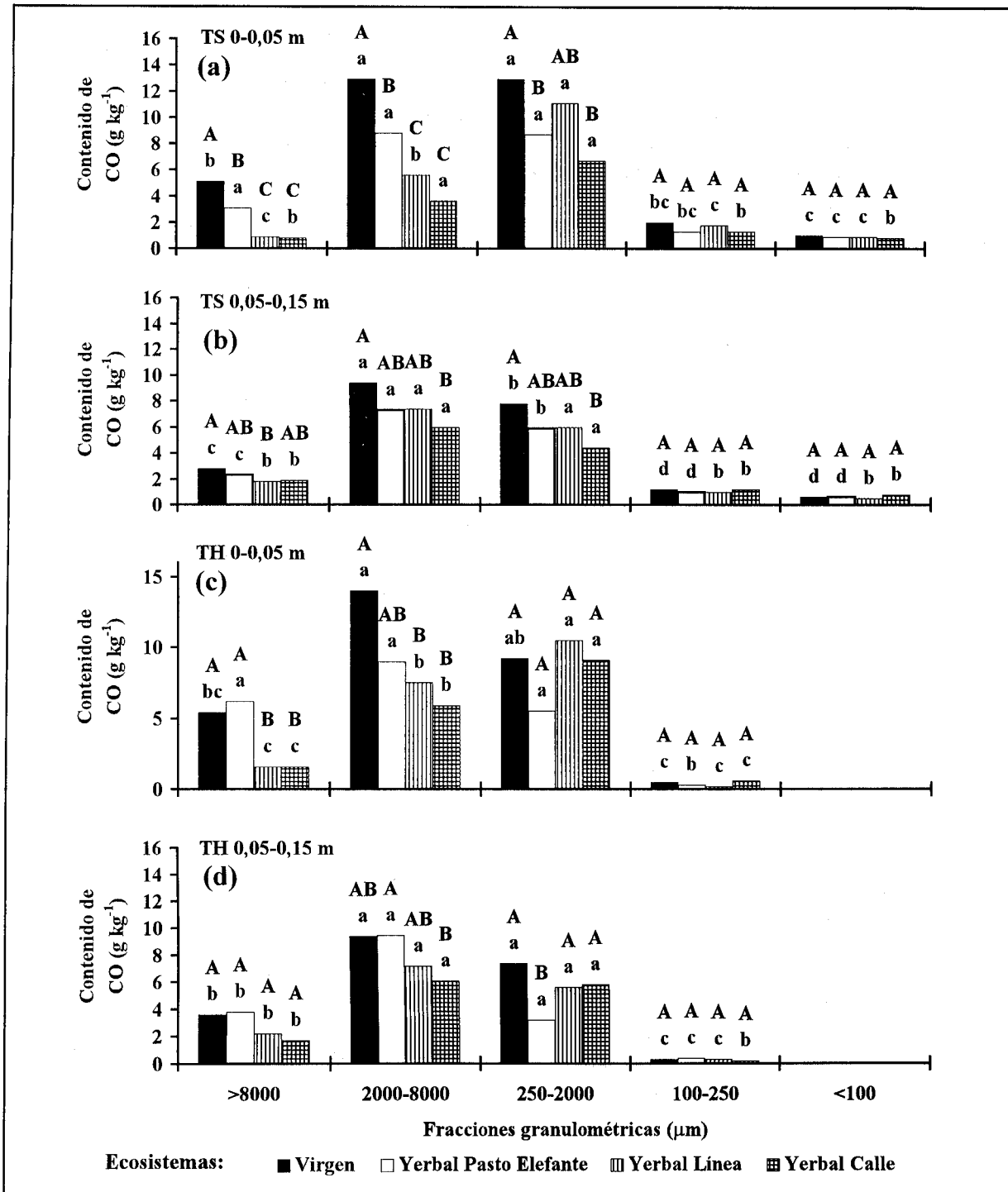


Figura 3. Contenido de CO en fracciones de agregados provenientes de un ecosistema virgen y agroecosistemas, obtenidos por tamizado en seco (TS) y húmedo (TH) en dos profundidades (0-0,05 y 0,05-0,15 m). Los valores con una misma letra mayúscula dentro de una fracción de agregados entre ecosistemas no difieren significativamente ( $P < 0,05$ ). Los valores con una misma letra minúscula dentro de un ecosistema entre fracciones no difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

Figure 3. Organic carbon content (CO) in aggregates fractions from a virgin ecosystem and agroecosystems, performed by dry (TS) and wet sieving (TH) in two depths (0-0.05 and 0.05-0.15 m). Values followed by the same uppercase letter within an aggregate fraction between ecosystems are not significantly different at ( $P < 0.05$ ). Values followed by the same lower case letter within an ecosystem between fractions are not significantly different at ( $P < 0.05$ ).

En relación al CO en fracciones de agregados obtenidas por tamizado en seco y húmedo se observa que en el ecosistema virgen y en los agroecosistemas, los microagregados poseen mayor concentración de CO que los macroagregados. La acción de desmonte de la selva virgen y cultivo posterior disminuye la concentración de CO del suelo, siendo más afectada la fracción de microagregados menores.

El contenido de CO en fracciones de agregados se encuentra determinada fundamentalmente por el peso de la fracción y en menor grado por la concentración de CO. En los suelos bajo cultivo,

las mayores pérdidas de CO referidas al suelo total, se producen en las fracciones de macroagregados, como consecuencia de la mayor proporción de suelo que poseen las mismas. En las calles del yerbal con abono verde implantado, el CO proveniente de los residuos se acumula en forma selectiva en los macroagregados.

Los resultados indican que el pasto elefante utilizado como abono verde, es una práctica adecuada para mantener y/o incrementar los niveles de CO en agroecosistemas degradados por monocultivo de yerba mate en la provincia de Misiones, Argentina.

## RESUMEN

La retención del carbono orgánico del suelo es importante para mantener la fertilidad y la estructura del suelo. El objetivo de esta investigación fue determinar la distribución del carbono orgánico en dos agroecosistemas con cultivo de yerba mate. Se estudió la concentración de carbono orgánico del suelo (CO) en agregados obtenidos por tamizado en seco y húmedo, provenientes de un Kandihumult, cultivado y virgen, de la Provincia de Misiones, Argentina, 27°39' Lat. Sur, 55°26' Long. W. Los ecosistemas estudiados fueron: a) selva nativa subtropical; b) plantación de yerba mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hil.) de 50 años, con control mecánico de malezas en las entrelíneas; c) agroecosistema similar a b) pero sin control mecánico de malezas entre las hileras; y d) yerbal de 50 años asociado con "pasto elefante" (*Pennisetum purpureum* Schu-

mach) utilizado como abono verde. La mayor proporción de suelo quedó retenida en las fracciones de macroagregados (>250 µm) con ambos sistemas de tamizado. Se encontró que el suelo nativo fue más estable que los cultivados, y el suelo con pasto elefante fue más estable que el de la plantación de yerba mate con control mecánico de malezas. La más alta concentración de CO se encontró en: (1) el suelo bajo selva nativa, (2) los primeros 5 cm de suelo, y (3) las fracciones de microagregados (<250 µm). En las condiciones de trabajo expuestas, el cultivo de pasto elefante es una práctica útil para mantener e incrementar el carbono orgánico del suelo.

**Palabras claves:** Agregados, carbono orgánico del suelo, yerba mate, pasto elefante.

## LITERATURA CITADA

BUYANOSKY, G.A.; ASLAM, M. AND WAGNER, G.H. 1994. Carbon turnover in soil physical fractions. Soil Science Society of American Journal 58: 1167-1173.

CAMBARDELLA, C.A. AND ELLIOTT, E.T. 1992. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Science Society of American Journal 56: 777-783.



- CAMBARDELLA, C.A. AND ELLIOTT, E.T. 1993. Carbon and nitrogen distribution in aggregates from cultivated and native grasslands soils. *Soil Science Society of American Journal* 57: 1071-1076.
- CHARREAU, C. ET NICOU, R. 1971. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche Ouest-Africaine et ses incidences agronomiques. IRAT. Paris, France. *Bull. Agronomy* 23.
- CHEPIL, W.S. AND WOODRUF, N.P. 1963. The physics of wind erosion and its control. *Advances in Agronomy* 15: 211-302.
- CHRISTENSEN, B.T. 1986. Straw incorporation and soil organic matter in macro-aggregates and particle size separates. *Journal of Soil Science* 37: 125-135.
- DALAL, R.C. AND MAYER, R.J. 1986. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland: I. Total organic carbon and rate of loss from the soil profile. *Australian Journal of Soil Research* 24: 281-292.
- DJEGUI, N.; DE BOISSEZON, P. ET GAVINELLI, E. 1992. Statut organique d'un sol ferrallitique du Sud-Bénin sous forêt et différents de cultures. *Cah. Orstom, sér. Pédol.* Vol. XXVII, 1: 5-22.
- DUXBURY, J.M. ; SCOTT, M. AND DORAN, J.W. 1989. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. *In: Coleman, D.C. et al. (eds.) Tropical soil organic matter.* Univ. of Hawaii Press, Honolulu.
- EDWARDS, A.P. AND BREMNER, J.M. 1967. Microaggregates in soils. *Australian Journal of Agricultural Research* 9: 129-137.
- ELLIOTT, E.T. 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Science Society of American Journal* 50: 633-637.
- FELLER, C.; BROSSARD, M. AND FROSSARD, E. 1992. Characterization and dynamics of organic matter in low-activity clay soils in West Africa. *In: Tiessen H. and Frossard, E. (eds) Phosphorus Cycles and Aquatic Ecosystems.* Proc. Scope/UNEP Regional Workshop. Nairobi, Kenya. March. 1991.
- FELLER, C. 1993. Organic inputs, soil organic matter and functional soil organic compartments in low-activity clay soils in tropical zones. *In: Mulongoy K. and R. Merckx (eds.) Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture.* IITA/K.U. Leuven, Bélgica. pp. 77-87.
- PICCOLO, G.A. 1995. Efecto de diferentes cultivos utilizados como abonos verdes sobre un Rodudalf típico (Misiones, Argentina). *Ciencia del Suelo* 13: 101-103.
- PIERI, CH. 1989. Fertilité des terres de savannes. CIRAD-IRAT. Montpellier, France. 444 p.
- TISDALL, J.M. AND OADES, J.M. 1980. The effect of crop rotation on aggregation in a red-brown earth. *Australian Journal of Soil Research* 18: 423-433.
- TISDALL, J.M. AND OADES, J.M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science* 33: 141-163.