

MATERIA ORGANICA DEL SUELO BAJO ROTACIONES DE CULTIVOS. I CONTENIDO TOTAL Y DE DISTINTAS FRACCIONES

E M CASANOVAS, H E ECHEVERRIA, G A STUDDERT

Unidad Integrada FCA-INTA Balcarce CC 276 - 7620 Balcarce, Argentina

SOIL ORGANIC MATTER UNDER CROP ROTATIONS. I TOTAL ORGANIC MATTER AND SOME OF ITS FRACTIONS

In order to evaluate the effect of crop rotations on the contents of organic matter (MO) and of some of its labile fractions of a Typic Argiudoll from Balcarce (Province of Buenos Aires, Argentina), the contents of total MO (MOT), humified MO and young MO (granulometrically separated), MO in the light fraction (MO FL) (densimetrically separated), and microbial biomass nitrogen (N BM) were measured under tree crop rotations. MOT decreases during the years under agriculture and increases during the years under pasture. No clear trends can be seen through the results obtained with the granulometric fractionation technique. MO FL and N BM show greater increases and decreases than MOT with changes in the rotation. MO FL and N BM are more sensitive indicators than MOT of the effects of rotations on soil biochemical properties.

Key words: Soils, Rotations-Organic matter-Fractionation-Microbial biomass.

INTRODUCCION

La posibilidad de mejorar los sistemas de manejo para una producción sostenible depende, en gran parte, del conocimiento de cómo los distintos cultivos y prácticas de manejo afectan a las distintas fracciones de la materia orgánica (MO) y cómo esto se traduce en la capacidad del suelo para proveer nutrientes (Dalal, Mayer 1986a; Cambardella, Elliott 1992). Existen numerosos métodos físicos para cuantificar la distribución de la MO entre las fracciones físicas del suelo. Puede determinarse por dispersión de la estructura seguida de la separación de fracciones físicas basada, en el tamaño (fraccionamiento granulométrico) o en la densidad (fraccionamiento densimétrico) de las partículas (Tisdall, Oades 1982, Andriulo *et al.* 1990, Elliott, Cambardella 1991, Pecorari 1991). El método de fraccionamiento granulométrico propone la disrupción de la estructura del suelo utilizando diferentes métodos de dispersión a fin de liberar la MO retenida mecánicamente entre los agregados separando, posteriormente, fracciones con características definidas por simple tamizado (Andriulo *et al.* 1990, Pecorari 1991, Elliott, Cambardella 1991). El fraccionamiento densimétrico permite separar la denominada fracción liviana (FL), definida por Greenland y Ford (citado por Cambardella, Elliott 1992) como el material de densidad menor que 2 g ml^{-1} , compuesta por residuos parcialmente descom-

puestos y que presenta una relación C/N menor que 25. También puede definirse a la MO FL como la fracción de la MO no asociada o no adsorbida a las partículas minerales (Richter *et al.* 1975, Spycher *et al.* 1983). La proporción de la MO FL sobre la MO total (MOT) da indicios tempranos sobre el efecto de diferentes manejos del suelo sobre los contenidos de MO (Richter *et al.* 1975, Dalal, Mayer 1986b).

Varios autores sugieren que la variación en los niveles de C o N en la biomasa microbiana (BM) puede ser utilizada como un indicador temprano de cambios en la MO causados por prácticas de manejo tales como labranzas, cultivos y manejo de residuos (Dalal, Mayer 1986d, Follett, Schimel 1989, Angers *et al.* 1992). Distintos autores han reportado datos sobre algunos de estos parámetros para los suelos del Sudeste Bonaerense. Para el partido de Balcarce se citan valores promedio de MOT de 5,8%, con un desvío estándar de 0,8% (Echeverría, Ferrari 1993). Los valores de N BM son de 30 mg kg^{-1} para situaciones bajo agricultura y de 60 mg kg^{-1} para situaciones bajo pastura (Echeverría *et al.* 1992-93). Además, la capacidad de mineralización de N del suelo con pastura es notoriamente mayor que la del suelo bajo barbecho o agricultura (Rizzalli *et al.* 1984). Resultados coincidentes con los anteriores fueron reportados por Grattone *et al.* (1991) quienes encontraron contenidos significativamente mayores de C en la BM de los suelos bajo pastura.

La hipótesis del presente trabajo sostiene que para los suelos agrícolas del Sudeste Bonaerense los efectos de la rotación son puestos en evidencia, con distinto grado de sensibilidad, mediante la cuantificación de diferentes fracciones de la fase orgánica. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de distintas secuencias y rotaciones de cultivos sobre los niveles de MOT y sobre las fracciones lábiles determinadas mediante los métodos de fraccionamiento granulométrico, separación densimétrica de la FL y N BM.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo fue realizado en el Laboratorio de Suelos del Área de Investigación en Agronomía de la Unidad Integrada Balcarce (FCA UNMDP - EEA INTA Balcarce). La experiencia se efectuó sobre muestras tomadas de los 15 cm superficiales del horizonte A₁ de un Argiudol típico (fino, mixto, térmico). Sus características principales son: textura franca (arcilla 0,265 kg kg⁻¹; arena 0,398 kg kg⁻¹ y limo 0,337 kg kg⁻¹); pH 6; CIC 33,1 cmol kg⁻¹ y 85% de saturación con bases. La precipitación media anual para la zona es de 870 mm y la temperatura media anual, 13,7 °C. Sobre este suelo se lleva a cabo un ensayo de rotaciones de cultivos agrícolas y pasturas desde el año 1976. El diseño experimental es en bloques completos aleatorizados con arreglo de tratamientos en parcela dividida con tres repeticiones. Este ensayo cuenta con siete tratamientos, de los cuales se seleccionaron tres como representativos de situaciones contrastantes de manejo (Tabla 1). Los tratamientos 1 y 2 se encontraban bajo agricultura desde 1976 y 1980, respectivamente, mientras que el tratamiento 3 se encontraba bajo pastura desde 1982. Las rotaciones con pasturas se manejaron con cortes. Las muestras analizadas fueron tomadas en otoño de cada año, desde 1983 a 1991 inclusive. Cada muestra fue secada al aire, tamizada por tamiz de 0,5 mm de apertura de malla y almacenada por un periodo que osciló entre 1 y 9 años. Para la determinación del contenido de MOT se utilizó la técnica propuesta por Walkley, Black (1934, citado por Allison 1965). Las técnicas de fraccionamiento y de determinación del N BM fueron aplicadas solamente sobre las muestras extraídas en los años 1983, 1985, 1987, 1989 y 1991. Los resultados de MOT, MOJ, MOH, MO FL y N BM se expresaron en base a suelo seco a 105 °C. Las determinaciones por el método de fraccionamiento granulométrico fueron realizadas en el Laboratorio de Suelos de la EEA del INTA en Pergamino. El método empleado fue similar al utilizado por Andriulo *et al.* (1990). Este método propone la destrucción de los agregados para liberar la MO aprisionada mecánicamente entre ellos, empleando dos técnicas distintas para la dispersión de la estructura del suelo: una de disgregado en agua o método húmedo y otro denominado

método seco. Posteriormente se separan por simple tamizado distintas fracciones orgánicas de características definidas: 1) materia orgánica grosera (MOG): constituida por restos vegetales que quedan retenidos en el tamiz de apertura de malla de 2 mm. 2) materia orgánica joven (MOJ): residuos orgánicos que quedan entre los tamices de apertura de malla de 2 y 0,1 mm. 3) materia orgánica humificada (MOH): es aquella MO que atraviesa el tamiz de 0,1 mm de apertura de malla. Dadas las condiciones de las muestras utilizadas solamente se determinaron la MOH y una subfracción de la MOJ constituida por aquellos residuos que quedaron entre los tamices de diámetro de malla 0,5 y 0,1 mm. Para el método seco se calcularon dos valores de MOH: el resultante de la determinación directa del contenido de MO en la fracción menor de 0,1 mm (MOHD) y el obtenido de la diferencia entre MOT y MOJ (MOHC). Para la separación densimétrica de la FL se utilizó el método propuesto por Richter *et al.* (1975) que se basa en la utilización de una solución de bromoformo-etanol de densidad 2 g cm⁻³ y la posterior determinación del contenido de carbono en dicha fracción mediante el método de Walkley, Black (1934, citado por Allison 1965) modificando las cantidades de reactivos utilizadas (Richter *et al.* 1975).

Para la determinación del contenido de N BM se empleó el método propuesto por Brookes *et al.* (1985). Se realizó una preincubación tendiente a la recuperación de la actividad microbiana en las muestras. Teniendo en cuenta que el proceso de secado y posterior almacenamiento al que las mismas fueron sometidas pudo haber afectado a la biomasa microbiana y provocado un flush o pulso similar al de la fumigación con cloroformo, no se utilizó el método original de cálculo del contenido de N BM, calculándose el mismo de las siguientes formas:

1) afectando al contenido de N determinado en las muestras fumigadas (F) por el factor de mineralización (Ferrari *et al.* 1992-93):

$$\text{Método A} = \text{N BM}_{(A)} = F/0,47 \quad [1]$$

2) Restando a los valores de N en las muestras fumigadas los valores de N-NO₃⁻ (T) determinados por destilación del extracto sin digerir (Bremner, 1965):

$$\text{Método B} = \text{N BM}_{(B)} = F - T \quad [2]$$

Para determinar la variación porcentual máxima (VPM) en la MOT y en las distintas fracciones se efectuó el siguiente cálculo:

$$\text{VPM}_x = (j_{\text{máxima}} - j_{\text{mínima}}) / j_{\text{máxima}} * 100 \quad [3]$$

donde el subíndice x representa la variable analizada y j el valor de x. Para los análisis de varianza de los valores obtenidos se utilizó el PROC GLM del SAS (SAS Institute Inc. 1985).

RESULTADOS Y DISCUSION

Evolución de la MOT

Existen diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) para los años 1983, 1988 y 1989 (Figura 1). Se observa que los niveles de MOT para el tratamiento 1, (secuencia de cultivos sin implantación de pasturas) son menores que en los restantes tratamientos y permanecen relativamente estables. Las variaciones en el contenido de MOT para los tratamientos 2 y 3 son mayores. En el primer caso se observa un mínimo en el

Tabla 1. Rotaciones de los tratamientos seleccionados.

Trat.	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1	T	A-P	T	A-P	T	A-P	T	A-P	T
2	A-P	----	Past	----	----	P	T	M	
3	----	Past	----	P	T	P	T	M	G

T= trigo, A= avena, P= papa, M= maíz, G= girasol, Past= pastura.

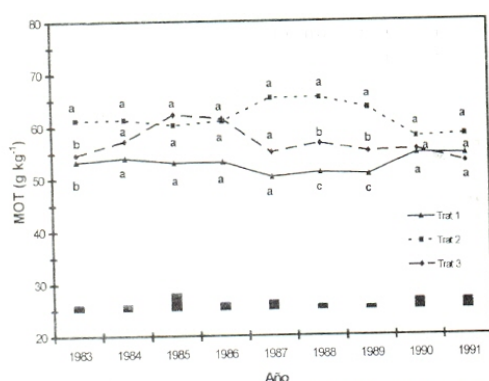


Figura 1. Evolución de los niveles de MOT para tres tratamientos de rotaciones de cultivos. Los símbolos acompañados por la misma letra dentro de cada año no difieren significativamente ($DSM_{0.05}$). Las barras representan el error estándar de la media.

segundo y tercer año posteriores a la roturación de la pastura y un máximo en el cuarto y quinto año desde la implantación de la pradera. Analizando el tratamiento 3 los valores de MOT alcanzan el mínimo durante el quinto año de agricultura continua y el máximo en el tercer año de pastura. Para los tratamientos 2 y 3 la VPM de la MOT es de 11,5 y 14,8% respectivamente. Por otro lado, la correspondiente al tratamiento 1 es de 8,2%.

Estos resultados indican que en las situaciones con mayor intensidad de agricultura los niveles de MOT tienden a ser menores y algo más estables en el tiempo que en aquellas en las que se incluyen pasturas dentro de la rotación. En estos últimos el contenido de MOT tiende a elevarse durante los ciclos con pasturas, para disminuir en el siguiente ciclo agrícola, originando así una variación mayor en los niveles de MOT. Similar comportamiento se ha descrito en otras experiencias en las cuales se evaluó la fluctuación de la MOT, en el mediano y largo plazo (Jenkinson, Rayner 1977, Campbell 1987, Tisdall, Oades 1982, Stevenson 1986, Angers *et al.* 1992).

Fraccionamiento granulométrico: método húmedo

Tanto los valores de MOH como los de MOJ obtenidos por este método (Tabla 2) son erráticos y sus variaciones a través del tiempo no se asocian a las de los tratamientos. Asimismo, la gran dispersión en los datos obtenidos llevó a que no se detectaran diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los distintos tratamientos. Una posible explicación para estos resultados sería el haber utilizado un inadecuado tiempo de agitación. En esta experiencia se utilizaron tres horas tal como se

Tabla 2: Contenidos de MOH y MOJ determinados mediante el método de fraccionamiento granulométrico con dispersión de agregados en húmedo.

		Año				
Fracción	Trat.	1983	1985	1987 (g kg ⁻¹)	1989	1991
MOH	1	51,4b	47,8a	25,6a	48,0a	38,6a
	2	59,9a	25,1a	48,5a	42,6ab	40,6a
	3	53,4b	45,6a	38,2a	31,8b	35,7a
	n°		8	8	9	8
	EE**	0,91	1,4	1,51	6,33	0,42
MOJ	1	19,1a	23,0b	24,7a	27,5a	16,0a
	2	13,5a	34,6a	16,9a	21,1a	14,5a
	3	12,8a	12,2b	16,9a	23,4a	17,3a
	n°		8	8	9	8
	EE**	0,33	0,21	0,64	0,34	0,51

n: número de observaciones, EE: error estándar de la media. Los promedios seguidos por la misma letra dentro de cada variable y año no difieren significativamente ($DSM_{0.05}$).

aplica a los suelos de la zona de Pergamino (Andriulo *et al.* 1990).

Fraccionamiento granulométrico: método seco

Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos para los valores de MOHC para todos los años excepto en 1987, mien-

Tabla 3: Contenidos de MOHC, MOHD y MOJ determinados mediante el método de fraccionamiento granulométrico con dispersión de agregados en seco.

		Año				
Fracción	Trat.	1983	1985	1987 (g kg ⁻¹)	1989	1991
MOHC	1	49,3a	49,9b	48,7a	47,4b	-
	2	55,9a	55,8a	61,8a	57,7a	-
	3	49,9a	56,7a	47,8a	49,2b	48,5
	n°	8	9	7	9	2
	EE**	0,77	0,61	2,57	0,74	-
MOHD	1	50,2a	46,6a	48,9a	48,4b	-
	2	53,1a	55,4a	56,9a	61,1a	-
	3	51,9a	53,9a	49,7a	51,2b	52,6
	n°	8	9	7	9	2
	EE**	1,1	2,0	1,8	1,1	-
MOJ	1	4,3a	3,2a	2,3a	3,3a	-
	2	5,4a	4,5a	3,6a	5,7a	-
	3	5,0a	5,5a	7,3a	6,0a	4,9
	n°	8	9	7	9	2
	EE**	0,41	0,91	0,49	0,61	-

n: número de observaciones, EE: error estándar de la media. Los promedios seguidos por la misma letra dentro de cada variable y año no difieren significativamente ($DSM_{0.05}$).

Tabla 4. Contenido de MO FL.

Tratamiento	Año				
	1983	1985	1987	1989	1991
	(g kg ⁻¹)				
1	1,98a	1,52b	1,71b	1,71b	2,02a
2	1,96a	1,48b	2,08ab	2,93a	1,71ab
3	2,17a	2,99a	2,60a	1,65b	1,36b
n*	9	9	8	9	9
EE**	0,08	0,10	0,10	0,13	0,07

n: número de observaciones, EE: error estándar de la media. Los promedios seguidos por la misma letra dentro de cada variable y año no difieren significativamente (DSM_{0,05})

tras que en el caso de la MOHD aquéllas se registraron sólo para el año 1989 (Tabla 3). No se encontraron diferencias significativas ($p>0,05$) entre tratamientos en ningún año para los valores de MOJ. Se observa que tanto los valores de MOJ como los de ambas MOH presentan variaciones en el tiempo parcialmente asociadas a los cambios en la rotación. Si bien las tendencias mostradas por la MOJ responden en cierta medida a lo esperado, el comportamiento de la MOH difiere de lo citado en la bibliografía según lo cual sus valores deberían permanecer estables ante cambios en la rotación (Tisdall, Oades 1982, Dalal, Mayer 1986b).

Cuando se comparan los valores de MOT determinados previamente con los estimados como resultado de la suma de MOHD y MOJ, se observa que para los tratamientos 1 y 2 las tendencias son similares aunque los valores difieren. En tanto que para el tratamiento 3 las tendencias no son coincidentes, la MOT calculada como suma de MOJ y MOHD presenta su valor máximo en el segundo año de agricultura y no durante el período bajo pastura. En síntesis, los métodos de fraccionamiento granulométrico, tal como se los ha aplicado, no habrían producido una separación completa de las distintas fracciones de la MO.

Fraccionamiento densimétrico

Los resultados de contenido de MO FL se muestran en la Tabla 4. Se observa que para el tratamiento 1 los valores de MO FL son generalmente menores que los de los restantes. Para el tratamiento 3 los contenidos fueron significativamente mayores ($p<0,05$) durante los años 1985 y 1987, los cuales representan el tercer año de pastura y el primero de agricultura, respectivamente. Para el tratamiento 2, se observa un aumento en los contenidos de MO FL a partir del segundo año de implantada la pastura, llegando a un máximo en el año 1989, que fue significativamente más alto ($p<0,05$) que el contenido de los tratamientos 1 y 3. Estos valores son algo menores a los hallados por Conti *et al.* (1990) trabajando con suelos de la Provincia de Buenos Aires muy similares a los utilizados en el presente trabajo. Para los tratamientos 2 y 3 las VPM en los contenidos de MO FL fueron de 52,2 y 54,5%, respectivamente, las que son muy superiores a las obtenidas con la MOT y destacan la labilidad de esta fracción de la MO. Richter *et al.* (1975) proponen que la variación en los contenidos de MO FL proporcionaría evidencias tempranas sobre las consecuencias de diferentes manejos del suelo sobre los niveles de MOT. Esto puede deberse, entre otras cosas, a que esta fracción muestra una rápida acumulación de C orgánico en suelos cultivables en situaciones bajo pastura, la cual se mineraliza relativamente rápido con los años de cultivo (Dalal, Mayer 1986c).

Nitrógeno en la biomasa microbiana

Los resultados obtenidos por los métodos 1 y 2 de cálculo del contenido de N BM microbiana (Tabla 5) deben ser considerados en forma relativa, ya que como es sabido, la técnica original emplea muestras frescas. En la Tabla 5 se observa que los valores de N BM son menores en todos los años para el tratamiento de

Tabla 5: Contenidos de N BM determinados mediante los métodos de cálculo A y B.

Trat	Calc A					Calc B				
	Año					Año				
	1983	1985	1987	1989	1991	1983	1985	1987	1989	1991
	(mg kg ⁻¹)									
1	162,3a	136,5c	147,8b	133,8b	-	29,9a	29,1b	27,5a	38,2a	-
2	185,9a	160,2b	221,5a	207,6a	123,2	35,6a	29,5b	33,4a	46,6a	27,9
3	188,8a	280,6a	209,7a	134,9b	91,2	41,5a	58,1a	39,6a	26,2a	25,3
n*	9	9	8	8	4	9	9	8	8	4
EE**	4,29	2,4	5,4	6,5	8,8	4,0	1,2	1,9	2,6	0,1

n: número de observaciones, EE: error estándar de la media. Los promedios seguidos por la misma letra dentro de cada variable y año no difieren significativamente (DSM 0,05).

agricultura continua (tratamiento 1), siendo estas diferencias significativas ($p < 0.05$) para todos los años excepto 1983, aunque en este año los contenidos en los restantes tratamientos son mayores. Los tratamientos 2 y 3 presentan sus valores máximos para los años 1985 y 1987 respectivamente, los cuales corresponden en ambos casos al tercer año bajo pastura. Para el método de cálculo a las VPM en los tratamientos 2 y 3 fueron de 45 y 68% respectivamente. Estos valores son similares a los encontrados para los contenidos de MO FL y sugerirían que estas variables están directamente relacionadas. Debe destacarse la importancia de las variaciones en el tamaño y la actividad de la BM por sus efectos directos sobre la mineralización e inmovilización de nutrientes y la sensibilidad de la misma como indicador temprano del impacto producido por cambios en el manejo del suelo.

En síntesis, para el suelo y las condiciones de agricultura convencional y pastura bajo corte de esta experiencia se puede concluir que la variación de los contenidos de las fracciones separadas con los métodos granulométricos no se manifestó como un indicador aceptable de los cambios producidos en la fase orgánica del suelo por las distintas situaciones de rotación. Por el contrario, éstos fueron puestos de manifiesto por los cambios en los contenidos de MOT, N BM y MO FL. Estas dos fracciones lábiles respondieron con mayor sensibilidad que la MOT lo que hace que el seguimiento de la evolución de sus variaciones se revele como indicador adecuado de los cambios producidos en la fase orgánica del suelo por las rotaciones y como herramienta potencial para contribuir a la toma de decisiones de manejo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su reconocimiento a A Andriulo y C Pecorari por su colaboración en las determinaciones realizadas en la EEA-INTA Pergamino. Trabajo financiado por EEA INTA Balcarce (Planes de trabajo 08-82-036 y 08-82-040) y la FCA de la Secretaría de Ciencia y Técnica N° 13)

REFERENCIAS

- Allison L.E. 1965. Organic carbon. pp.:1367-1378. En: C.A. Black (ed.). Method of soils analysis. SSSA. Wisconsin (USA)
- Andriulo A, Galantini J, Pecorari C, Torionie E. 1990. Materia orgánica del suelo en la Región Pampeana. I. Un método de fraccionamiento por tamizado. *Agrochimica*, 34: 475-489
- Angers D.A, Pessant A, Vigneux J. 1992. Early cropping induced changes in soil aggregation, organic matter and microbial biomass. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56: 115-119
- Bremner J.M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. pp.: 1179-1237. En: C.A. Black (ed.). Method of soils analysis. SSSA. Wisconsin (USA)
- Brookes P.C, Landman A, Pruden G, Jenkinson D.S. 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
- Cambardella C.A, Elliott T. 1992. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56: 777-783
- Campbell C.A. 1987. Soil organic carbon, nitrogen and fertility. En: M. Schnitzer and S.V. Khan (eds.). *Soil organic matter developments in soil science*. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, Holanda
- Conti M.E, Palmar M, Gonzalez M.G, Giardina E. 1990. Influencia de dos sistemas de manejo sobre algunas variables orgánicas de suelos de la Provincia de Buenos Aires. *Rev. de la Facultad de Agronomía*, 11: 1-6
- Dalal R.C, Mayer R.J. 1986a. 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. *Aust. J. Soil Res.*, 24: 281-292
- Dalal R.C, Mayer R.J. 1986b. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland: II. Distribution and kinetics of soil organic carbon in particle-size fractions. *Aust. J. Soil Res.*, 24: 293-300
- Dalal R.C, Mayer R.J. 1986c. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland: III. Loss of organic carbon from different density functions. *Aust. J. Soil Res.*, 24: 301-309
- Dalal R.C, Mayer R.J. 1986d. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland: IV. Dynamics of nitrogen mineralization potential and microbial biomass. *Aust. J. Soil Res.*, 24: 461-472
- Echeverría H.E, Ferrari J.L. 1993. Relevamiento de algunas características de los suelos agrícolas del sudeste bonaerense. *Boletín técnico N° 112*. E.E.A. Balcarce. INTA, 18 p
- Echeverría H.E, Bergonzi R, Ferrarri J.L. 1992-93. Carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana de suelos del sudeste bonaerense *Ciencia del Suelo*, 10/11:36-41
- Elliott E.T, Cambardella C.A. 1991. Physical separation of soil organic matter. *Agric. Ecosyst. Environm.*, 34: 407-419
- Ferrari J.L, Bergonzi R, Echeverría H.E, Navarro C.A. 1992-93. Comparación de técnicas de determinación de nitrógeno en la biomasa microbiana de los suelos del sudeste bonaerense. *Ciencia del Suelo* 10/11:94-97
- Follett R.F, Schimel D.S. 1989. Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53: 1091-1096
- Grattone F, Valencia N, Echeverría H, Navarro C.A. 1991. Biomasa microbiana del suelo y cinética de la nitrificación en función de cambios estacionales y de manejo. *Actas del XIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Bariloche, 1991. pg. 57
- Jenkinson D.S, Rayner J.H. 1977. The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical Experiments. *Soil Sci.*, 123: 298-305
- Pecorari C. 1991. La materia orgánica de los suelos en la región pampeana. En: *Jornada: Materia orgánica del suelo*. INTA EEA-Pergamino, 1991, noviembre. Programa de Ambito Nacional Suelos del INTA
- Richterm, Mizuno I, Aranguez S, Uriarte S. 1975. Densimetric fractionation of soil organo-mineral complexes. *J. Soil Sci.*, 26: 113-123
- Rizzalli R.H, Navarro C.A, Echeverría H.E. 1984. Efecto del manejo y la estación del año sobre la capacidad de mineralización y biomasa total en un Argiudol típico del sudeste bonaerense. *Ciencia del suelo*, 2: 61-67
- Sas Institute Inc. 1985. SAS. User's guide. Satatistics version 5 edition. SAS Institute Inc., Cary, Nort Carolina. (USA)
- Spycher G, Sollins P, Roses L. 1983. Carbon and nitrogen in the light fraction of a forest soil: vertical distribution and seasonal patterns. *Soil Science*, 135: 79-86
- Stevenson F.J. 1986. Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur and micronutrients. John Wiley & Sons, New York (USA)
- Tisdall J.M, Oades J.M. 1982. Organic matter-stable aggregates in soils. *J. Soils Sci.*, 33: 141-163