

## EL FRACCIONAMIENTO GRANULOMÉTRICO DE LA MATERIA ORGÁNICA COMO ÍNDICE DE SU COMPORTAMIENTO Y EVOLUCIÓN EN LOS SUELOS

C. Ruipérez Cantera\*, R. Calafate González, R. Mulas Fernández, F. Lafuente Álvarez, O. López Carcelén y M.B. Turrión Nieves

Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Avda. de Madrid 57. 34004-PALENCIA (España). Correo electrónico: ruiperez@agro.uva.es.

### Resumen

En el presente estudio se analiza la influencia que ejerce sobre las características de la materia orgánica y del suelo la incorporación de restos orgánicos (hojarasca) de diferentes especies arbóreas. Se plantea una experiencia de incubación de dos tipos de suelos uno ácido (rañas) y otro básico (calizo) y para hojarasca de tres especies (*Pinus pinaster*, *Quercus pyrenaica* y *Populus x euroamericana*), manteniendo controladas las condiciones de humedad y temperatura. Al final se aprecian diferencias significativas en cuanto a la velocidad de transformación de la materia orgánica en ambos suelos y en los diferentes tipos de hojarasca. Se estudia el fraccionamiento de la materia orgánica del suelo como índice de calidad de la misma, determinando su relación con otros parámetros de calidad como biomasa microbiana o carbono fácilmente oxidable, así como su variación según el tipo de suelo y hojarasca aportado al mismo. La información obtenida en este estudio confirmaría la conveniencia del empleo de técnicas de fraccionamiento según tamaño, para investigaciones acerca de la dinámica de componentes orgánicos del suelo.

Palabras clave: Humus, Carbono, Hojarasca, Pino, Rebollo, Chopó

### INTRODUCCIÓN

El aporte de residuos orgánicos (RO) y su degradación en el tiempo condicionan la calidad de la materia orgánica del suelo (MOS) especialmente la de las sustancias húmicas, calidad que además depende de las condiciones climáticas y edáficas. Es por lo tanto importante entender y cuantificar la dinámica del carbono orgánico del suelo (COS) y su relación con el tipo de vegetación presente y pasado.

Las especies vegetales establecen dinámicas particulares de la materia orgánica del suelo y condicionan su actividad microbiológica, especialmente por las cantidades y naturale-

za de los residuos aportados (VÁZQUEZ et al., 2001). Las tasas de descomposición de la materia orgánica están reguladas por tres grupos de variables: los organismos, la composición química del sustrato y factores físicos (humedad y temperatura) y la calidad del sustrato se define en función de la relativa descomponibilidad del mantillo y depende de la mezcla de compuestos lábiles, recalcitrantes e inhibitorios (VITOUSEK et al., 1994).

El fraccionamiento físico de la MOS ha permitido obtener información sobre su función en el suelo (JANSEN et al., 1992; CAMBARDELLA & ELLIOTT, 1994). Por la naturaleza lábil de las fracciones aisladas físicamente, éstas varían en

contenido y composición de acuerdo al sistema de producción utilizado. Por este motivo han sido propuestas como indicadores sensibles para evaluar el efecto de los síntomas de producción sobre la calidad de la MOS (GREGORICH et al., 1994).

Las técnicas de fraccionamiento físico pueden también aclarar procesos del suelo y mecanismos que influyen en el almacenaje de COS. Se ha establecido que aumenta de agregación en sistemas menos alterados y que los materiales orgánicos dentro de los agregados del suelo (especialmente microagregados) tienen niveles de descomposición más bajos que los situados fuera de los agregados (SIX et al., 2000).

Varios estudios han demostrado que algunas propiedades del suelo dependen más de la cantidad de materia orgánica acumulada en diferentes fracciones de tamaño que de los contenidos de MOS. Por ejemplo, la cantidad de macroagregados aumenta cuando la materia orgánica particulada gruesa, compuesta por residuos orgánicos recientemente acumulados, aumenta. Por otro lado, la microagregación del suelo se mejora con la cantidad de materia orgánica humificada de tamaño fino. La asimilabilidad de nutrientes por las plantas depende en gran parte de los niveles de descomposición de la materia orgánica particulada (HEVIA et al., 2003).

Las fracciones por tamaño de partícula están basadas en que generalmente el C de la fracción de tamaño arena es más lábil que el C en las fracciones arcilla y limo. La asociación de la MOS con las partículas de arcilla y limo es un mecanismo dominante de la protección física y es importante en la determinación de la estabilidad de la MOS (EVANS et al., 2001).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño experimental

A cada uno de los suelos estudiados, ácido (rañas) y básico (páramos calizos) se le añade hojarasca de las diferentes especies estudiadas (*Pinus pinaster*, *Quercus pyrenaica* y *Populus x euroamericana*). Se utiliza un testigo sin tratar y se realizan cinco repeticiones.

La mezcla de suelo y hojarasca se coloca en contenedores de 53, 12 y 15 cm de largo, ancho y alto respectivamente (unidad experimental). Las 40 unidades experimentales se someten a un ambiente controlado con una temperatura de 20-30 °C y humedad relativa comprendida entre 60-80 % respectivamente. La humedad del suelo se mantiene, aproximadamente, en el 75 % de su capacidad de campo. Las unidades experimentales van a permanecer en ese ambiente controlado durante 5 meses.

La cantidad de hojarasca a añadir (33 g/kg) se estimó a partir de los datos de defoliación anual expresados como materia seca, calculando el aporte durante diez años. Las tablas 1 y 2 resumen algunas de las características de los materiales empleados.

### Métodos analíticos:

El carbono fácilmente oxidable (CFO) se determinó por el método de WALKER & BLACK (1934); la biomasa microbiana (BM) del suelo por el método de fumigación-extracción (VANCE et al., 1987; JOERGENSEN, 1995) y el carbono orgánico total con el analizador Leco CHN-2000.

Para el fraccionamiento granulométrico de la materia orgánica, se utilizó el tamizado en

Tipo de suelo	Composición del suelo (% gravimétrico)			
	Arena (2-20 µm)	Limo	Arcilla	pH
Suelo Acido	77	14	9	5,9
Suelo Básico	54	28	18	8,6

Tabla 1. Granulometría y pH de los suelos estudiados

	Chopo	Pino	Rebollo
Carbono (%)	43	53	47
Nitrógeno (%)	0,7	0,3	0,9

Tabla 2. Carbono y Nitrógeno en la hojarasca Granulometría y pH de los suelos estudiados

húmedo del suelo (CAMBARDELLA & ELLIOT, 1994), extrayendo tres fracciones: menor de 50  $\mu\text{m}$ , de 50 a 100  $\mu\text{m}$  y de 100  $\mu\text{m}$  a 2 mm.

#### Métodos estadísticos:

El tratamiento estadístico se realizó con el paquete estadístico Statgraphics Plus 2.1, utilizando el tratamiento ANOVA en la obtención y comparación de medias, aplicando en este último caso el test de rango múltiple LSD con una significación del 95 %.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Carbono orgánico total

En todos los casos aumenta la concentración de COS con la adición de hojarasca (tratamientos) (Figuras 1 a 4). El aumento producido es más significativo en las fracciones mayores, lo

que puede indicar que el proceso de humificación no ha finalizado (Figuras 1 y 3). Lo mismo sucede en los suelos ácidos, donde el aumento es mayor, lo que indicaría una mayor lentitud del proceso en estos suelos (Figuras 3 y 4).

Los suelos básicos tienen mayor proporción de C en partículas pequeñas, proceso más rápido (Figuras 5 y 6). Sin embargo, en todos los casos la proporción de C en partículas pequeñas es menor que en el testigo, siendo más significativo en el suelo ácido que en el básico, lo que indicaría un proceso de humificación no terminado (Figuras 7 y 8).

Los estudios anteriores de fraccionamiento físico de la MOS muestran que la mayor parte del C está asociado a las partículas de arcilla y limo, los porcentajes de C son normalmente de 1,2 a 4 veces mayores en las fracciones limo y arcilla que en el total del suelo (EVANS *et al.*, 2001). Estos resultados permiten afirmar que no

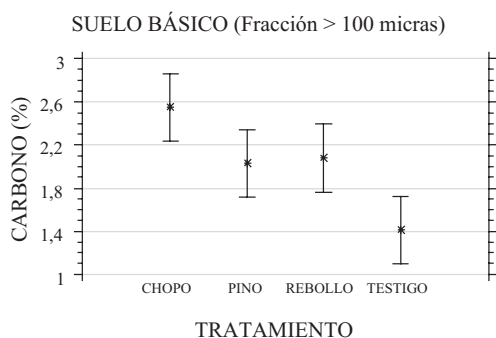


Figura 1. C del suelo en función del tratamiento para fracción mayor de 100  $\mu\text{m}$  para suelos básicos

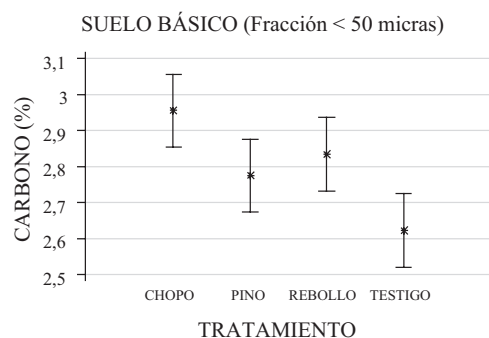


Figura 2. C del suelo en función del tratamiento para fracción menor de 50  $\mu\text{m}$  para suelos básicos

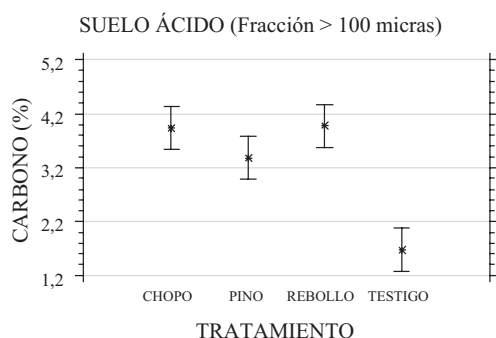


Figura 3. C del suelo en función del tratamiento para fracción mayor de 100  $\mu\text{m}$  para suelos ácidos

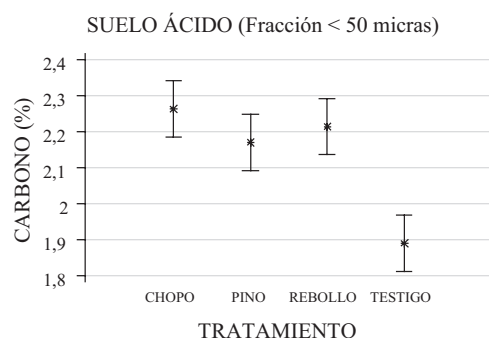


Figura 4. C del suelo en función del tratamiento para fracción menor de 50  $\mu\text{m}$  para suelos ácidos

se ha llegado a una evolución completa de la materia orgánica añadida, y sin embargo esta evolución es mucho mayor en suelo básico que en ácido.

Se observa que el tipo de residuo aportado al suelo no influye de forma significativa en el fraccionamiento del C del suelo, algo ya encontrado por VÁZQUEZ et al. (2001).

En todos los casos las partículas de 50-100  $\mu\text{m}$  no indican diferencias significativas.

#### Relación entre el carbono fácilmente oxidable y la biomasa microbiana con el carbono orgánico existente en las fracciones del suelo

Considerando que tanto el CFO (como la BM son dos parámetros indicadores de la calidad de la MOS, se estudia su relación con el contenido de C en las diferentes fracciones del suelo. Se compara con la concentración de C en cada una de las fracciones y con el porcentaje de C del suelo contenido en las mismas. Los coeficientes de correlación obtenidos (Tabla 2) indican que el CFO esté más relacionado con el carbono existente en la fracción menor de 50  $\mu\text{m}$ , lo que parece lógico ya que el CFO es una porción del carbono orgánico que ha sido transformada. En el caso de la biomasa microbiana también es lógico, ya que ésta se ha definido como la parte de la materia

orgánica correspondiente a los microorganismos con un tamaño menor de 5-10  $\mu\text{m}^3$  (ALEF & NANNIPIERI, 1995).

Sin embargo hay que diferenciar entre la concentración de C en cada fracción, que disminuye su correlación a medida que la fracción es mayor y la proporción de C del suelo que se encuentra en cada fracción, en cuyo caso sólo existe esa correlación con la fracción más pequeña.

Si se realiza una correlación múltiple para este último caso, los modelos encontrados (Tabla 3) indican que en ambos casos la fracción de 50 a 100  $\mu\text{m}$  no es significativa. Sí lo son las otras dos fracciones, aunque la influencia del carbono existente en la fracción inferior de 50  $\mu\text{m}$  es mayor al que corresponde a la fracción mayor de 100  $\mu\text{m}$ .

El coeficiente de transformación del carbono orgánico total en carbono fácilmente oxidable alcanza un valor de 0,49 en el suelo ácido y de 0,65 en el suelo básico al final de la experiencia (Figura 9). Estos coeficientes son menores que el utilizado normalmente (0,77). Éste resultado confirmaría el diferente grado de evolución en los dos suelos.

También se ha observado a lo largo de la experiencia que los suelos tratados con hojarasca de chopo y de rebollo alcanzan antes el nivel máximo de BM y CFO que los suelos a los que se ha incorporado la hojarasca de pino.

	CFO	BM
Concentración de C en la fracción.		
Fracción menor de 50 $\mu\text{m}$	0,71	0,70
Fracción de 50 a 100 $\mu\text{m}$	0,35	0,35
Fracción mayor de 100 $\mu\text{m}$	0,20	0,17
Concentración de C en el total del suelo.		
Fracción menor de 50 $\mu\text{m}$	0,62	0,65
Fracción de 50 a 100 $\mu\text{m}$	ns	ns
Fracción mayor de 100 $\mu\text{m}$	ns	ns

Tabla 2. Coeficientes de correlación de las diferentes fracciones con CFO y BM. (ns = no significativo)

$\text{CFO (\%)} = 0,315 + 0,174*(\text{C}>100) + 0,759*(\text{C}<50)$ <p>p-valor = 0,0000      <math>R^2 = 54,43</math></p>
$\text{BM (mg/kg)} = -244 + 141*(\text{C}>100) + 434*(\text{C}<50)$ <p>p-valor = 0,0000      <math>R^2 = 69,86 \%</math></p>
<p>(C&gt;100) = carbono en la fracción mayor de 100 <math>\mu\text{m}</math> para 100 g de suelo (C&lt;50) = carbono en la fracción menor de 50 <math>\mu\text{m}</math> para 100 g de suelo</p>

Tabla 3. Modelos de correlación múltiple entre CFO y BM con las fracciones

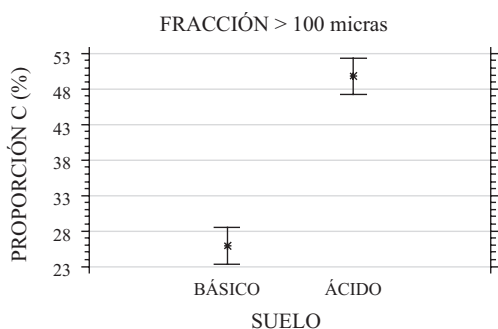


Figura 5. Proporción del C en la fracción mayor de 100  $\mu$ m con respecto al C total, en función del tipo de suelo

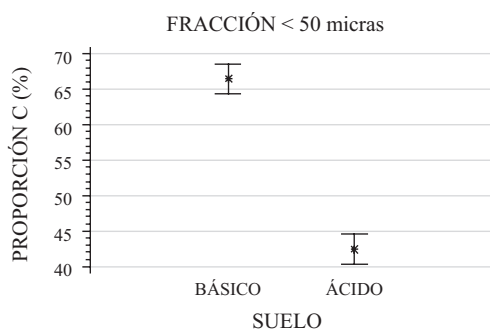


Figura 6. Proporción del C en la fracción menor de 50  $\mu$ m con respecto al C total, en función del tipo de suelo

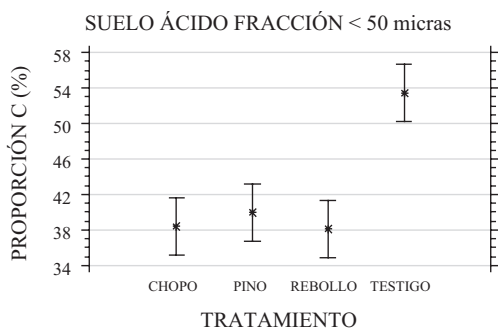


Figura 7. Proporción del C en la fracción menor de 50  $\mu$ m con respecto al C total, en función del tratamiento y para suelos ácidos

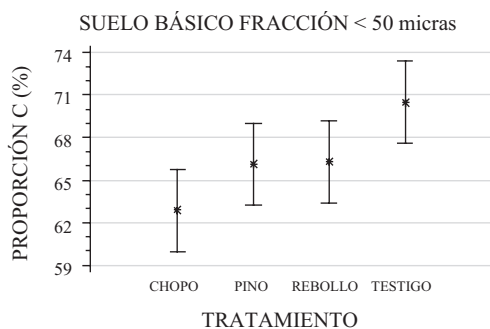


Figura 8. Proporción del C en la fracción menor de 50  $\mu$ m con respecto al C total, en función del tratamiento y para suelos básicos

### CONCLUSIONES

La relación existente entre el carbono fácilmente oxidable y de la biomasa microbiana con el contenido de carbono en las fracciones pequeñas del suelo (<50  $\mu$ m) podría confirmar que este contenido es un índice de la calidad de la materia orgánica del suelo.

La transformación más rápida de la materia orgánica en suelo básico que en ácido se relaciona con el mayor contenido de carbono en las fracciones más pequeñas. Por esto la proporción de carbono en estas fracciones puede ser un índice del grado de evolución de la materia orgánica.

El tipo de hojarasca no influye en la distribución por fracciones del carbono orgánico del

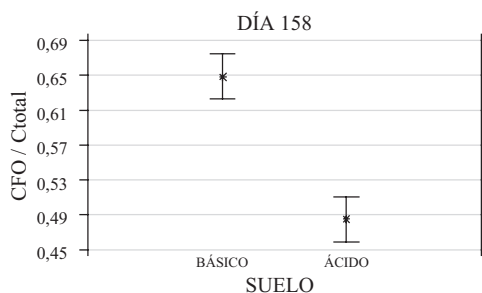


Figura 9. Relación entre el C fácilmente oxidable y el carbono total, en función del tipo de suelo

suelo. Sin embargo, se ha observado que la transformación de la hojarasca de *Populus x euroamericana* (chopo) y *Q. pyrenaica* (rebollo) es más rápida que la transformación de la hojarasca de *P. pinaster* (pino). Esta velocidad de transformación parece similar en el caso del *Populus x euroamericana* (chopo) y del *Q. pyrenaica* (rebollo).

La fracción de 50-100  $\mu\text{m}$ , quizá por su poca cantidad, es poco significativa, por lo que se podría incorporar a otra de las fracciones, posiblemente a la fracción de mayor tamaño.

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.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALEF, K. & NANNIPIERI, P.; 1995. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press. Londres.
- CAMBARDELLA, C.A. & ELLIOTT, E.T.; 1994. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 123-130.
- EVANS, J.L.; FERNANDEZ, I.J.; RUSTAD, L.E. & NORTON, S.A.; 2001. Methods for evaluating carbon fractions in forest soils: a review. *The University of Maine. Maine Agricultural and Forest experiment station. Technical Bulletin* 178.
- GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M. & ELLERT, B.H.; 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.* 74: 367-385.
- HEVIA, G.G.; BUSCHIAZZO, D.E.; HEPPER, E.N.; URIOSTE, A.M. & ANTON, E.L.; 2003. Organic matter in size fractions of soils of the semiarid Argentina. Effects of climate, soil texture and management. *Geoderma* 116: 265-277.
- JANZEN, H.H.; CAMPBELL, C.A.; BRANDT, S.A.; LANFOND, G.P. & TOWNLEY-SMITH, L.; 1992. Light-fraction organic matter in soils from long-term crop rotations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 1799-1806.
- JOERGENSEN, R.G.; 1995. The fumigation extraction method to estimate soil microbial biomass: calibration of the KEC value. *Soil Biol. Biochem.* 28: 25-31.
- SIX, J.; ELLIOT, E.T. & PAUSTIAN, K.; 2000. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation. A mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biol. Biochem.* 32: 2099-2103.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C. & JENKINSON, D.S.; 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass carbon. *Soil Biol. Biochem.* 19: 703-707.
- VÁZQUEZ, M.E.; PELLEGRINI, A.E. Y DIOSMA, G.; 2001. Vegetation and aggregate size effect on organic forms of soil. *Agricultura Técnica (Chile)* 61(1): 61-69.
- VITOUSEK, P.M.; TURNER, D.R.; PARTON, W.J. & SANFORD, R.L.; 1994. Litter decomposition on the Mauna Loa environmental matrix, Hawaii: patterns, mechanisms and models. *Ecology* 72: 418-429.
- WALKEY, A. & BLACK, I.A.; 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-37.