

COMPARACIÓN DE LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE SUELOS DE PRADO Y CULTIVO

Barral, M.T.¹; Buján, E.²; Devesa, R.¹; Iglesias, M.L.¹ y Velasco-Molina, M.²

1. Dpto.Edafología y Química Agrícola. Fac.Farmacía, USC. 15782 Santiago de Compostela, España
2. Dpto.Edafología y Química Agrícola, Fac.Biología. USC. 15782 Santiago de Compostela, España
Teléfono: 981563100, fax: 981594912, e-mail: edbarral@usc.es

Resumen

Se comparan las propiedades estructurales de dos suelos de la zona templado-húmeda española desarrollados sobre granito, dedicados a prado permanente y cultivo, a fin de valorar el impacto del tipo de manejo sobre la calidad estructural. El suelo de prado presentó unas propiedades estructurales más favorables, tales como una menor densidad aparente y mayor porosidad, un mayor tamaño medio de agregados, y una mayor estabilidad de los agregados frente a la agitación mecánica en agua y frente a la acción de la lluvia simulada. Esta mayor estabilidad estructural del suelo de prado se relaciona con su mayor contenido de materia orgánica (MOS). Asimismo, el suelo de prado presentó una mayor actividad microbiana, según se deduce de los valores más altos de respiración en experimentos de incubación, en comparación con el suelo de cultivo. El suelo de prado también presentó los valores más elevados de cociente respiratorio ($C-CO_2/C$ orgánico total), de lo que se deduce que la MOS del suelo de prado es más accesible a la degradación microbiana. Sin embargo no se observaron diferencias significativas entre la mineralización del carbono orgánico del suelo disgregado (<1mm) y de agregados intactos del mismo suelo (5-1 mm). Los resultados de este trabajo ponen en evidencia la necesidad de mantener niveles adecuados de MOS a través de enmiendas o reducción del laboreo.

Palabras clave: Estructura, uso del suelo, agregados, porosidad, erosión.

Abstract

We compared the structural properties of two neighbouring soils from the NW of Spain in order to evaluate the effect of management on structural quality. The soils were developed on granite under a warm and humid climate but differed in land use (pasture and cultivation). The pasture soil had more favourable structural properties than the cultivated soil, showing lower bulk density, higher porosity and water retention, higher mean aggregate diameter and aggregate stability against mechanical agitation in air and water, as well as lower soil loss under simulated rainfall. This increased structural stability of the pasture soil could be attributed to its elevated organic matter (OM) content. More $C-CO_2$ was also released by OM mineralization in laboratory incubated pasture soil samples than in culture soils, due to higher microbial activity. Respiratory quotient ($C-CO_2/C_{org}$ total) was also higher in the pasture soil, thus indicating that the OM is more accessible to microbial decomposition. Nevertheless no significant differences were observed between organic C mineralization in disturbed ground soil <1 mm and undisturbed 5-1 mm aggregates. The overall results demonstrate the need to maintain adequate levels of OM by means of organic amendments or tillage reduction.

Key words: Soil structure; management practices; soil aggregates; porosity; erosion.

Introducción

La estructura es un factor esencial de calidad del suelo. La estabilidad de agregados se usa generalmente como un indicador de calidad estructural. La pérdida de estructura es una forma de degradación física del suelo, que frecuentemente está relacionada con el uso del mismo y las prácticas de manejo. Diversos autores han puesto de manifiesto una pérdida de estabilidad

estructural del suelo por efecto del cultivo (Benito, 1988; Barral et al, 1992), que frecuentemente lleva paralela una disminución de los contenidos de MOS (Calvo et al, 1992; Domínguez et al, 2001). Esta degradación de la estructura puede ser debida a causas directas, tales como la fragmentación mecánica de los agregados por efecto del laboreo y la compactación por el tránsito de vehículos, y también a causas indirectas, relacionadas con la disminución de los contenidos de MOS, la cual actúa favorablemente en diferentes escalas de la agregación (Edwards and Bremner, 1967; Tisdall y Oades, 1982).

La relación entre estructura, MOS y actividad biológica del suelo es compleja y tiene repercusiones sobre los ciclos de los principales elementos, particularmente del carbono, afectando, pues, al papel del suelo como fuente o sumidero de CO₂. Los organismos y sus productos orgánicos contribuyen al desarrollo de la estructura, que a su vez ejerce un importante control sobre la dinámica de la MOS. La velocidad de descomposición de la MOS está a su vez condicionada por la protección física o química de ésta frente a la acción microbiana (Bronick y Lal, 2005).

La degradación de la estructura por efecto del laboreo se ha relacionado con una mayor velocidad de mineralización de la MOS, y por lo tanto, con una disminución de los contenidos de MOS, debido a la exposición a la acción de los microorganismos de materiales orgánicos que se hallaban protegidos en el interior de los agregados (Plante y McGill, 2002), cuando éstos se rompen por efecto de las labores agrícolas.

En este trabajo se compara la estabilidad estructural de dos suelos próximos, desarrollados sobre el mismo material geológico y dedicados a prado permanente y cultivo, analizando sus propiedades estructurales más relevantes, que se relacionan con los contenidos de agentes ligantes, como MOS, contenido de óxidos y arcillas, y con la actividad biológica del suelo, estimada mediante la actividad respiratoria. Adicionalmente, el efecto del estado de agregación sobre la mineralización de la MOS se evalúa comparando la actividad respiratoria de agregados intactos y de suelo disgregado.

Material y Métodos

Los suelos estudiados proceden de dos parcelas próximas dedicadas a prado y cultivo, en la localidad de Figueiras (Santiago de Compostela) (coordenadas 42° 53'N-8° 34'50"W), a 180 m sobre el nivel del mar. El clima de la zona es oceánico húmedo, con una T media anual de 12,3°C y precipitación media anuales de 1900 mm. Los suelos (Umbrisoles ántricos) se desarrollan sobre materiales graníticos. En el campo se midió la resistencia a la penetración mediante un penetrómetro Eijkelkamp y se tomaron muestras mediante camisas de densidad para el cálculo de la densidad aparente. Para el resto de los análisis se recogieron muestras compuestas de cinco puntos de cada parcela (0-10 cm), que se transportaron al laboratorio en recipientes rígidos. En las muestras secas al aire < 5 mm se determinaron según los métodos descritos en Guitián y Carballas (1976): densidad real y porosidad, pH en agua y en cloruro potásico, granulometría y C orgánico total mediante oxidación en medio ácido. El contenido de N total se determinó en analizador elemental LECO (CHN-1000); Fe y Al amorfos se midieron por AAS en extractos de ácido oxálico-oxalato amónico (Schwertmann, 1964). La distribución del tamaño de agregados se determinó mediante tamizado en seco y en húmedo de las muestras de suelo (Burke et al., 1986), calculando la media aritmética y el diámetro medio geométrico como medida del tamaño medio de los agregados y la dimensión fractal como una medida del grado de fragmentación del suelo. La estabilidad de los agregados 1-2 mm se determinó mediante agitación en agua (Kemper y Rosenau, 1986). El ensayo de simulación de lluvia (Benito et al, 1988) se realizó sometiendo el suelo tamizado entre 5 y 0.25 mm a la acción de una lluvia de intensidad 45 mm h⁻¹ y energía 24.16 J m⁻² mm⁻¹, durante 30 min. La actividad microbiana del suelo y el efecto de la perturbación de la estructura sobre la mineralización de la MOS se determinó mediante respirometría (Guitián y Carballas, 1976), utilizando muestra de suelo fresca. Se analizaron dos fracciones: agregados entre 5-1 mm y suelo disgregado mediante molienda ligera en mortero de porcelana y tamizado <1mm.

Resultados y Discusión

Los suelos presentan textura franco arenosa, si bien el contenido de arcilla es ligeramente más elevado en el suelo de cultivo (Tabla 1). Ambos suelos presentan un grado de estructura moderado, de tipo migajosa, muy fina y de consistencia friable en el suelo de prado, y mediana y de consistencia muy friable en el de cultivo. El suelo de cultivo presenta menor contenido de MOS e inferior relación C/N que el suelo de prado. Los contenidos de Fe y Al amorfos o de baja cristalinidad, que son muy activos en la agregación de las partículas del suelo (Barral et al, 1992; Arias et al, 1999), son semejantes en ambos casos.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas y C-CO₂ desprendido en la mineralización

muestra	pH		Fe (%)	Al (%)	C org t (%) completo	C org t (%)		N (%)	C/N	C-CO ₂	
	(H ₂ O)	(KCl)				5-1 mm	<1 mm			5-1 mm	<1 mm
prado	5,67	4,86	0,63	0,29	5,22	4,21	5,22	0,30	17,40	84,83	97,23
cultivo	4,94	4,21	0,72	0,41	3,01	3,2	2,8	0,29	10,38	23,23	14,09

Muestra	D _r (g/cm ³)	D _a (g/cm ³)	P (%)	H (%)	P _h (%)	S (%)	L (%)	A (%)
Prado	2,1	0,67	67	37	30	72	17	11
Cultivo	2,4	0,93	62	16	24	67	15	18

Densidad real (D_r), densidad aparente (D_a), porosidad (P), humedad (H), porosidad ocupada por agua (P_h), arenas (S), limos (L) y arcillas (A) (valores medios)

Propiedades estructurales

El suelo de prado presenta una densidad real (D_r) menor que la de cultivo (Tabla 1); teniendo en cuenta que los suelos están próximos, la mineralogía debe de ser similar y no debería afectar a este parámetro, por lo que esta diferencia puede deberse al mayor contenido en MOS del suelo de prado. La menor densidad aparente (D_a) en el prado tiene como consecuencia una mayor porosidad (P) y por tanto una mayor capacidad de retención de humedad, lo que concuerda con un valor mayor de humedad (H) y de poros ocupados por agua (P_h).

Tabla 2. Medidas de estabilidad estructural: media aritmética (MWD), diámetro medio geométrico (GWD), dimensión fractal (D) estabilidad de agregados 1-2 mm (EA) y pérdida de suelo en simulador de lluvia (S)(g suelo /m²min). Tamizado en seco (Ts), tamizado en húmedo (Th)

	MWD (mm)		GWD (mm)		D		EA (%)	S
	Ts	Th	Ts	Th	Ts	Th		
Cultivo	0.9	1.3	0.7	3.6	4,5	3,4	11,7	20
Prado	1.5	0.9	1.1	2.3	3,8	2,8	49,3	12

Tras el tamizado en seco se observa (Figura 2) que los agregados del suelo de cultivo se encuentran mayoritariamente en la fracción <1mm (75%). En prado, esta fracción, aunque predominante, supone aproximadamente el 50% de los agregados, distribuyéndose el resto entre las fracciones 4-2 mm y 2-1 mm. Tras el tamizado en húmedo, el tamaño de los agregados presentó una distribución más homogénea y semejante para ambos usos de suelo. Los valores obtenidos para el diámetro medio ($MWD = \frac{\sum_{i=1}^{i-1} (x_i w_i)}{\sum_{i=1}^{i-1} w_i}$) y el diámetro medio geométrico ($GWD = \text{Exp}(MWD)$), indican un menor tamaño medio de los agregados en el suelo de cultivo. La dimensión fractal se calcula mediante la expresión $N_{>x} = k (x)^{-D}$, a partir de los datos de distribución de tamaño de agregados. $N_{>x}$ es el número acumulado de agregados mayores que x, y k es una constante relativa al número de fragmentos de una unidad. El valor D se obtiene como el valor de la pendiente en la regresión de log $N_{>x}$ frente a log x, asumiendo una densidad constante de los agregados de distinto tamaño y que éstos tienen forma cúbica (Perfect y Kay, 1991). El valor de D depende de la fragmentación de los agregados, de modo que cuanto mayor sea D mayor será la fragmentación. El valor de D en el suelo de cultivo fue siempre superior al de prado, tanto en el experimento de tamizado en seco como en húmedo

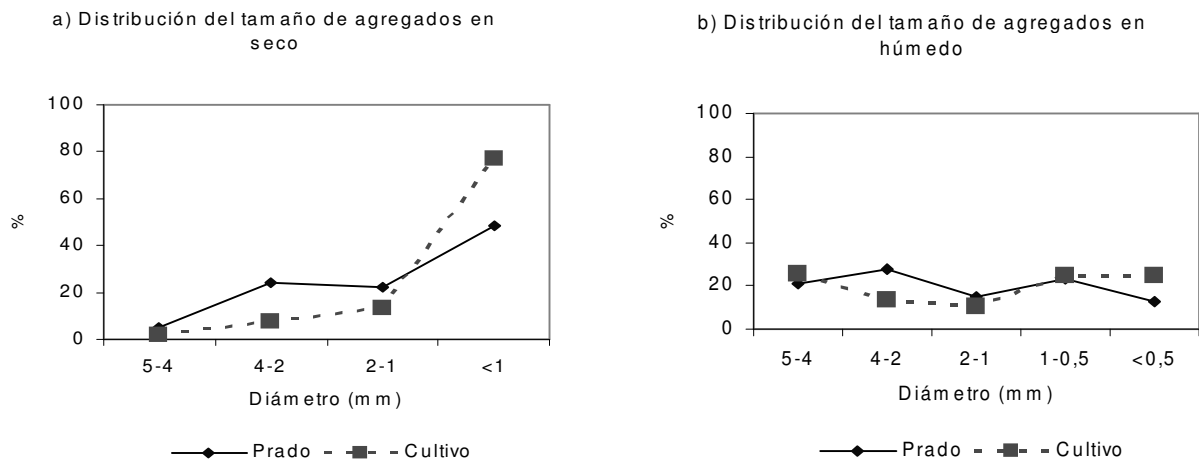


Figura 2. Distribución del tamaño de agregados

La estabilidad de los agregados 1-2 mm mostró gran diferencia en función del uso del suelo, siendo del 49.3% en prado y del 11.7% en cultivo. Del mismo modo, la pérdida de suelo en el simulador de lluvia fue un 40% mayor en las muestras de cultivo que en las muestras de prado. La resistencia a la penetración del suelo demostró ser dependiente del manejo del suelo (valores medios de 3 determinaciones se muestran en la Figura 3). Así, en muestras de prado la mayor resistencia se obtuvo para los 25 cm superiores, coincidiendo con la zona de mayor densidad de raíces, mientras que en el suelo de cultivo se observa un fuerte contraste entre los 15 cm superiores, que mostraron muy baja resistencia a la penetración, debido al laboreo reciente, y la “suela de arado”, por debajo de esta profundidad, en la que la resistencia aumenta considerablemente. La resistencia es moderada para el prado (100-200 N/cm²), baja (<100 N/cm²) en los 15 cm superiores del suelo de cultivo y de moderada a alta (200-400 N/cm²), por debajo de esta profundidad (Soil Survey Staff, 1993)

Respiración

El suelo de prado presenta una respiración muy intensa en los dos primeros días, decreciendo posteriormente; el descenso es menos pronunciado en la respiración del suelo de cultivo (Tabla 1 y Figura 3). La cantidad acumulada de C-CO₂ desprendido en las muestras de cultivo representa un 27% y un 15% del CO₂ desprendido en el suelo de prado, en los agregados 5-1 mm y suelo <1mm, respectivamente, lo que evidencia una mayor actividad biológica en el suelo de prado. El cociente C-CO₂/C orgánico total, o tasa de mineralización es también muy superior en el suelo de prado, lo que puede ser atribuido a una mayor disponibilidad de la MOS para los microorganismos. Es de destacar que a pesar de la mayor actividad biológica y degradabilidad de la materia orgánica en prado, su contenido es mayor que en el cultivo lo que puede ser explicado por la mayor tasa de reposición de MO en el suelo no cultivado.

No se observaron diferencias significativas entre la mineralización del C orgánico disgregado (<1mm) y de agregados intactos del mismo suelo (5-1 mm). Si bien la destrucción de agregados puede hacer accesible a la degradación por los microorganismos la MOS protegida u ocluida dentro de los agregados incrementando su velocidad de mineralización, las condiciones físicas

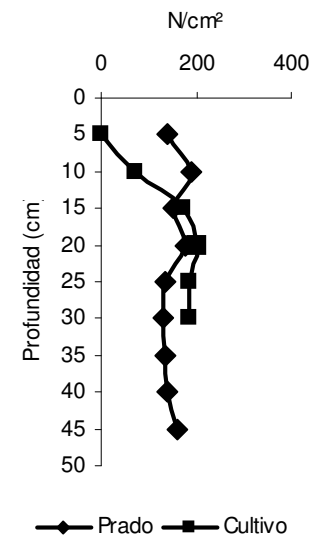


Figura 3. Resistencia a la penetración

más desfavorables para el desarrollo microbiano en el suelo disgregado pueden contrarrestar este efecto, explicando los resultados obtenidos.

Los resultados expuestos muestran un deterioro de la estructura como consecuencia del cultivo, que coincide con un menor contenido de MOS. La MOS es el principal agente agregante en suelos pobres en arcilla y en óxidos de Fe y Al. Benito (1988) señala que es el principal agente agregante de los suelos de Galicia; por ello la disminución de MOS lleva aparejada una degradación de la estructura. El mayor contenido de MOS y estructura más estable el suelo de

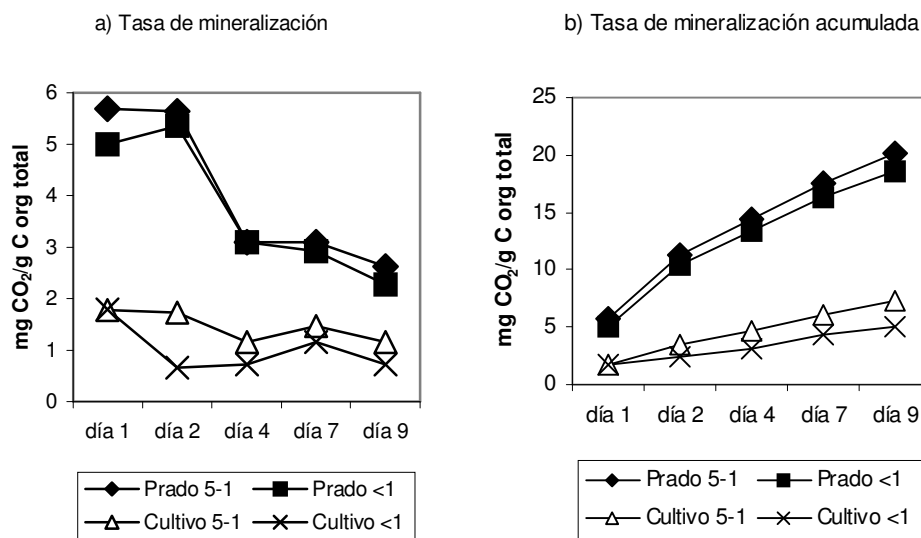


Figura 4.-Tasa de mineralización

prado justifican a su vez la mayor actividad biológica en este suelo. de la MOS este efecto no ha podido ser comprobado en los experimentos de incubación en el laboratorio.

Conclusiones

El estudio de dos suelos próximos desarrollados sobre el mismo material geológico y en las mismas condiciones climáticas pero que difieren en el uso del suelo (prado permanente o cultivo) puso de manifiesto que el cultivo tiene un efecto desfavorable en propiedades clave de la calidad del suelo, disminuyendo el contenido de MOS, la estabilidad estructural y la actividad microbiana en el suelo. Estas observaciones ponen en evidencia la importancia del mantenimiento de niveles adecuados de MOS dentro de uso sostenible del suelo.

Bibliografía

- Arias, M.; Barral, M.T. y Díaz-Fierros, F. (1999). Effects of organic matter, iron and aluminium on soil structural stability. In: Effect of mineral-organic microorganism interactions on soil and freshwater environments (Berthelin et al, Eds.). Kluwer Acad./Plenum Press.
- Barral, M.T.; Arias, M. y Díaz-Fierros, F. (1992). Estabilidad estructural de suelos desarrollados sobre materiales geológicos ricos en hierro. *Proc. III Cong. Nac. Ciencia del Suelo*, 57-62, Pamplona, España
- Benito Rueda, M.E. (1988) *Iniciación al estudio de la estructura de los suelos de Galicia y de sus procesos de degradación*. Tesis Univ. Santiago de Compostela.
- Bronick, C., Lal, R.(2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124, 3-22.
- Burke, W., Gabriels, D., Bruma, J. (Ed.) (1986). *Soil structure assessment* Róterdam, A.A. Balkema. 92pp.
- Calvo, R.; Macías, F. y Riveiro, C. (1992). Aptitud agronómica de los suelos de la provincia de La Coruña. Ed. Dip. Prov. A Coruña.
- Domínguez, M.; Barral, M.T.; Arias, M. y Díaz-Fierros, F. (2002). Biological soil degradation due to the decrease in the use of organic fertilizers in Galicia (NW of Spain). *Proc. III Int. Cong. Man and Soil at the Third Millenium*. (Rubio, J.L.; Morgan, R.; Asins, S. y Andreu, V., Eds.) Geoforma Eds.
- Edwards, A.P. y Bremner, J.M. (1967). Microaggregates in soils. *Jour. Soil Sci.* 18:64-73.
- Gutián Ojea, F. & Carballas Fernández, T. (1976). *Técnicas de análisis de suelos*. Santiago de Compostela: Pico Sacro. 288 pp.
- Kemper, W.D. & Rosenau, R.C. (1986). Aggregate stability and size distribution. *Methods of Soil Analysis*, part I. *Physical and Mineralogical methods-Agronomy Monograph N° 9*. 427-442p.
- Perfect, E. y Kay, B.D. (1991). Fractal theory applied to soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:1552-1558.
- Plante, A.F. y McGill, W.B. 2002. Soil aggregate dynamics and retention of organic matter in laboratory-incubated soil with differing simulated tillage frequencies. *Soil Till. Res.* 66: 79-92.
- Schwertmann, U. (1964). Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammonium Oxalat-Lösung. *Z. Planzernäh Dung. Bodenkd.* 105,194-202.

Soil Survey Staff (1993). *Soil survey manual*. Washington: USDA. 437pp.

Tisdall, J.M. y Oades, J.M. (1982). The effect of crop rotation on aggregation in a red-brown earth. *Aust. J. Soil Res.* 18: 423-434.